

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
Российской Федерации

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»

В.Г. Рядчиков

**Основы питания и кормления  
сельскохозяйственных животных**

Краснодар - 2012

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
Российской Федерации

ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет

**В.Г. Рядчиков**

# **Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных**

(учебно-практическое пособие)

Предназначено в качестве учебно-практического пособия для студентов бакалавриата, специалитета и магистратуры высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 111100.62 и 111100.68 – Зоотехния, специальности 111801.65 – Ветеринария и направлению, 110.901.62 – Ветсанэкспертиза.

Краснодар – 2012

УДК 636.084 (076)  
ББК 45.4  
Р 98

Рассмотрено и одобрено методической комиссией факультета зоотехнологии и менеджмента, протокол №11, 25 июня 2012 г.

Рецензент: В.И. Щербатов, доктор с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой разведения с.-х. животных и генетики

Рядчиков В.Г.

**Основы** питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебно-практическое пособие/В.Г. Рядчиков – Краснодар: КубГАУ, 2012. - 328 с.

Пособие предназначено для обучения по курсу «Кормление сельскохозяйственных животных» студентов бакалавриата и магистратуры высших учебных заведений по направлению подготовки «Зоотехния» и студентов специалитета по специальности «Ветеринария» и направлению «Ветсанэкспертиза». Пособие будет дополнительным и, во многом, новым источником практических рекомендаций для работающих специалистов по кормлению молочного скота, свиней и птиц.

© ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет  
© В.Г. Рядчиков

## Предисловие

Мы являемся очевидцами изумительного прогресса в животноводстве. За сравнительно небольшой период (30-40 лет) продуктивность коров в ряде стран достигла 9-12 тыс. кг молока за лактацию, среднесуточные приросты свиней мясного типа 1 кг, живая масса бройлеров за 35-40 дней 2,5-3 кг, яйценоскость 330 яиц на несушку в год. Эти достижения, безусловно, связаны с повышением генетического потенциала животных. Однако, создание и реализация этого потенциала были бы невозможны без соответствующего питания создаваемых пород, линий и кроссов, реализовать которое стало возможным в результате фундаментальных и прикладных научных разработок в области физиологии пищеварения, энергетического и аминокислотного питания, раскрытия процессов биосинтеза белка и их регуляции на молекулярном, клеточном и организменном уровне.

Дисциплину «Кормление сельскохозяйственных животных» следует понимать прежде всего как «Питание сельскохозяйственных животных». Кормление, как часть технологии животноводства, определяется принятыми на ферме распорядком и способами кормления животных: временем раздачи кормов, видами кормов и их количеством, групповым, индивидуальным кормлением или пастьбой, предоставлением самому животному выбирать компоненты рациона или давать смешанный корм. Питание же является другим уровнем. Оно определяется такими категориями как энергетическое, белковое, аминокислотное, минеральное, витаминное питание. Под этими определениями подразумеваются нормы питания в зависимости от физиологического состояния животных, продуктивности и условий окружающей среды. Кроме того, для каждой категории веществ необходимо знание его физиологической роли, понимания происходящих с ним реакций в организме, биохимических взаимодействий с другими веществами.

Разработка норм потребности в питательных веществах – наиболее важное условие реализации генетического потенциала продуктивности и конверсии корма. В странах с высокоразвитым животноводством используются нормы, разработанные факториальным методом. В обоснование метода легли исследования по обмену энергии и энергетической оценке кормов выдающихся ученых конца 19-го – первой половины 20-го веков М. Рубнера (1894), О. Кельнера (1905), Г. Армсби (1912), И.С. Попова (1924), М.И. Дьякова (1925), Клейбера (1936), Н.И. Денисова (1948), К. Неринга (1952).

Суть метода состоит в установлении затрат энергии, белка, минералов на физиологические функции организма животного: основной

обмен (поддержание), образование продукции (молоко, живая масса, яйца, шерсть, физическую работу и др.), рост и развитие плода.

Хотя потребность рассчитывается на каждую функцию в отдельности, тем не менее их нельзя рассматривать, как независимые. Критика в адрес факториального метода сводится, именно, к тому, что метод предусматривает разделение функций, в то время как в живом организме все функции взаимосвязаны во времени и условиях среды. Основоположники факториального метода хорошо понимали его условность, но понимали и то, что другого, более универсального научного метода нет.

Студент, определившийся как будущий специалист по питанию животных, должен знать не только предлагаемые наукой кормовые стандарты, но и понимать их образование, знать физиологию пищеварения животных, биохимические процессы происходящие в организме, прогнозировать ожидаемую продуктивность. Данное пособие ставит целью научить студентов разрабатывать нормы питания факториальным методом в такой мере, чтобы они могли самостоятельно рассчитывать потребность животных там, где им придется работать.

С ростом продуктивности животных наблюдается ослабление иммунитета и здоровья животных. Это особенно заметно на маточном поголовье молочного скота и свиней. Продуктивная продолжительность жизни коров сократилась до 2-3 лактаций, свиноматок до 2 лет. Основная причина выбытия животных - метаболические заболевания, обусловленные кормлением, не отвечающим физиологическому состоянию животных в пред- и послеродовые периоды. В пособии есть рекомендации по кормлению маточного поголовья в переходный период.

В настоящее время животноводство в российских условиях перестраивается на европейские стандарты, включающие западные породы молочного и мясного скота, линии и кроссы свиней, яичной и мясной птицы, технологии содержания и кормления. Вместе с ними приходят нормы питательных веществ, новые показатели состава кормов (обменный белок, неструктурные и структурные углеводы), балансирование рационов свиней, птиц, молочного скота по истинно илеально переваримым аминокислотам, составление рационов для жвачных животных в расчете на 1 кг сухого вещества, свиней и птиц на 1 кг комбикорма. Эти подходы необходимо включить с программами преподавания, они нашли отражение во всех разделах данного учебно-практического пособия.

## Общепринятые сокращения используемые в тексте:

БЦ	– биологическая ценность	Са <sub>ст</sub>	– кальций стельности
БЭВ	– безазотистые экстрактивные вещества	Са <sub>у</sub>	– кальций усвояемый
ВЭ	– валовая энергия	Сах.	– сахар
ЗАК	– заменимые аминокислоты	СБ	– сырой белок
КАБ	– катионно-анионный баланс	СБл	– сырой белок лактации
КДК	– кислотно-детергентная клетчатка	СБмл	– сырой белок молока
КДНСБ	– кислотно-детергентный нерастворимый сырой белок	СБпд	– сырой белок поддержания
НАК	– незаменимые аминокислоты	СБст	– сырой белок стельности
НДК	– нейтрально-детергентная клетчатка	СВ	– сухое вещество
НДНСБ	– нейтрально-детергентный нерастворимый сырой белок	СЖ	– сырой жир
НРБ	– нераспадаемый в рубце белок	СЗ	– сырая зола
НСУ	– неструктурные углеводы	СК	– сырая клетчатка
ОБ	– обменный белок	СКС	– соотношение крахмала к сахару
ОБК	– обменный белок кала	СППВ	– сумма переваримых питательных веществ
ОВ	– органическое вещество	ЧБ	– чистый белок
ОКЕ	– овсяная кормовая единица	ЧЭ	– чистая энергия
ОЭ	– обменная энергия	ЧЭб	– чистая энергия белка
ОЭл	– обменная энергия лактации	ЧЭж	– чистая энергия жира

ОЭмл	– обменная энергия молока	ЧЭмл	– чистая энергия молока
ОЭст	– обменная энергия стельности	ЧЭсп	– чистая энергия среднего суточного прироста жм
Пб	– переваримый белок	ЭБК	– эндогенный белок кала
Пж	– переваримый жир	ЭБМ	– эндогенный белок мочи
Пк	– переваримая клетчатка	Эк	– энергия кала
ППВ	– переваримые питательные вещества	ЭКЕ	– энергетическая кормовая единица
ПСВ	– потребление сухого вещества	Эм	– энергия мочи
Р <sub>л</sub>	– фосфор лактации	Эмет.	– энергия метана
Р <sub>пд</sub>	– фосфор поддержания	ЭПБ	– эндогенный поверхностный белок
РРБ	– распадаемый в рубце белок	Эпд	– энергия поддержания жизни
Р <sub>ст</sub>	– фосфор стельности		
Р <sub>у</sub>	– фосфор усвояемый	ЭППВ	– энергия переваримых питательных веществ
Са <sub>л</sub>	– кальций лактации	Эпр	– энергия продукции
Са <sub>пд</sub>	– кальций поддержания	Эпт	– энергия приращения тепла
		Этп	– энергия теплопродукции
		ЭУ	– энергия усвоения

## Раздел 1 Питательная ценность кормов

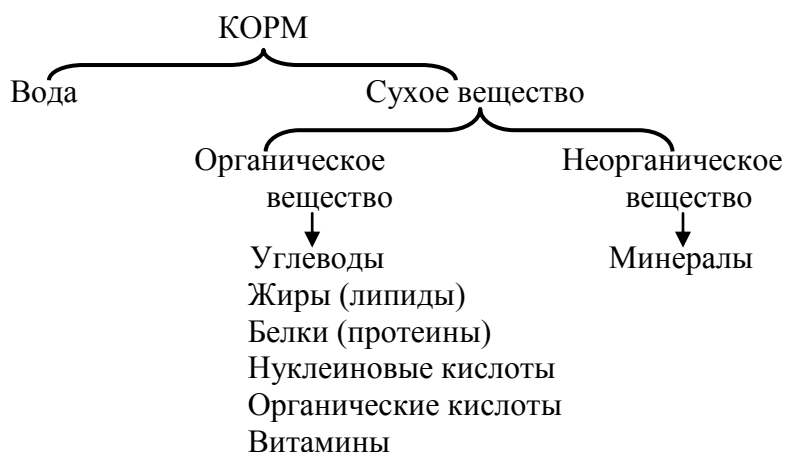
Питательную ценность следует понимать как способность корма (пищи) удовлетворять потребность организма животного в питательных веществах: белках, жирах, углеводах, витаминах и минералах. Чем выше питательность, тем выше здоровье и продуктивность животных, качество продукции. Питательность корма определяется его химическим составом и усвояемостью (переваримостью) питательных веществ в пищеварительном тракте.

Растительные корма – главные источники питания сельскохозяйственных животных, хотя некоторое количество животных кормов, таких как молоко, рыбная, мясокостная, кровяная мука бывает необходима для молодых животных в начале жизни.

Корма по составу, внешнему виду, физической структуре весьма существенно различаются друг от друга. Однако весьма сходны в том, что все они состоят из воды и сухого вещества (СВ). Вода не несет в себе питательные вещества, хотя животные быстрее страдают от недостатка воды, чем от пищи. В то же время потребность в воде животные покрывают не столько за счет воды кормов, сколько за счет водопроводной и воды естественных источников.

**Сухое вещество и его компоненты.** Из схемы химического состава кормов (схема 1) видно, что сухое вещество представляет собой сумму питательных веществ – белков, жиров, углеводов, органических кислот, витаминов, минералов, нуклеиновых кислот. Таким образом, именно, сухое вещество будет главным объектом анализа состава и питательности корма.

### Состав корма (схема 1)





Сухое вещество делят на органические и неорганические вещества. Органические – состоят из атомов углерода (С), водорода (Н), кислорода (О<sub>2</sub>). Органические вещества могут содержать S, P, Fe, и другие вещества. Неорганические включают в наибольшем количестве кальций (Ca), фосфор (P), калий (K), магний (Mg), натрий (Na), серу (S), хлор (Cl) и практически все остальные элементы таблицы Менделеева в микро и следовых количествах.

Основными компонентами растительных кормов являются углеводы (таблица 1). В семенах масличных – подсолнечника, рапса, арахиса содержится много масла. В теле животных углеводов очень мало. Причина различий между растениями и животными заключается в том, что стенки клеток растений состоят из углеводов, и прежде всего, целлюлозы и гемицеллюлозы, а клеточные стенки животных, главным образом, из жира и белка. Более того, растения в своих семенах запасают энергию в виде крахмала, в то время как животные в форме жира.

Таблица 1. Содержание питательных веществ в растительных и животных продуктах, выраженных в натуральном (НВ) и сухом веществе (СВ)

Корма и продукты	Вода	Сухое в-во	Углеводы	Жиры	Белки	Минералы	Нуклеиновые кислоты
Содержание в натуральном в-ве, г/кг							
Трава	800	200	137	8	35	20	0,50
Ячмень (зерно)	120	880	727	19	109	25	0,088
Свекла корм.	870	130	97,6	1,4	16	15	0,26
Молоко	875	125	48	36	33	8	0,19
Мускул	720	280	6	44	215	15	2,24
Яйцо	667	333	8	100	118	107	0,83
Содержание в сухом в-ве, г/кг							
Трава	0	1000	685	40	175	100	2,5
Ячмень (зерно)	0	1000	825	22	124	29	1,0
Свекла корм.	0	1000	751	11	123	115	2,0
Молоко	0	1000	379	290	266	65	1,5
Мускул	0	1000	21	157	768	54	8,0
Яйцо	0	1000	24	300	355	321	2,5

Расчет содержания питательных веществ в сухом веществе корма на базе их содержания в натуральном веществе.

Пример 1. Свекла кормовая содержит 13% сухого вещества, или 13г/100г свеклы, или 130г/кг свеклы. В таблице 1 показано, что в 1кг кормовой свеклы содержится 16г белка. Следовательно, 16г белка содержится в 130г сухого вещества. Сколько белка содержится в 1кг (1000г) сухого вещества? Расчет производится исходя из пропорции:

$$\begin{array}{l}
 16 - 130 \\
 X - 1000 \\
 X = \frac{16 \times 1000}{130} = 123 \text{ г}
 \end{array}$$

Таким образом, в расчете на сухое вещество содержание белка составляет 123 г/кг (12,3%) почти столько, сколько в ячмене – 124 г (12,4%). Таким образом, если рассматривать состав кормовой свеклы по сухому веществу, то её, вполне, можно отнести к концентратам. Расчеты состава по сухому веществу позволяют пересмотреть имеющуюся классификацию кормов в отнесении их в определенные группы или классы.

Как в растениях, так и у животных белки в своем составе содержат азот (N). В молодых растениях концентрация белка выше, чем по мере их старения. У животных мускулы, внутренние органы, кожа, перья, волосы, шерсть состоят, в основном, из белка.

Подобно белкам, нуклеиновые кислоты также являются азотсодержащими веществами. Жвачные животные используют этот азот на синтез микробного белка, для нежвачных они вредны.

Органические кислоты, которые встречаются в растениях, включают лимонную, яблочную, фумаровую и пировиноградную кислоты.

Витамины присутствуют в растениях и животных в микроколичествах. Многие из них являются важными компонентами ферментов. Отличие растений от животных состоит так же в том, что растения могут синтезировать все витамины и аминокислоты, которые нужны для обмена веществ, то животные не способны или имеют ограниченную способность их синтеза, в частности, незаменимых аминокислот.

## Методы оценки питательности кормов

**Зоотехнический анализ кормов.** Система зоотехнического анализа разработана немецкими учеными Геннебергом и Штоманном в 1860 году. По этой системе корм делят на 7 фракций: влага (вода), сухое вещество (СВ), сырая зола (СЗ), сырой белок (СБ) (синоним – сырой протеин), сырой жир (СЖ) (эфирный экстракт), сырая клетчатка (СК), безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) (см. схему 2, табл. 2). Слово «сырой» равнозначно немецкому слову roh или английскому слову crude, переводится как неочищенный, не готовый, грубый. Это означает, что в этих фракциях помимо настоящих или чистых белков, жиров, минералов содержатся сопутствующие вещества.

**Вода и сухое вещество.** Содержание воды определяют по её потерям в результате высушивания навески натурального корма до постоянного веса при температуре 100 – 105 °С. Количество сухого вещества рассчитывают путем вычитания количества воды в % из 100 (100 – вода % = СВ %).

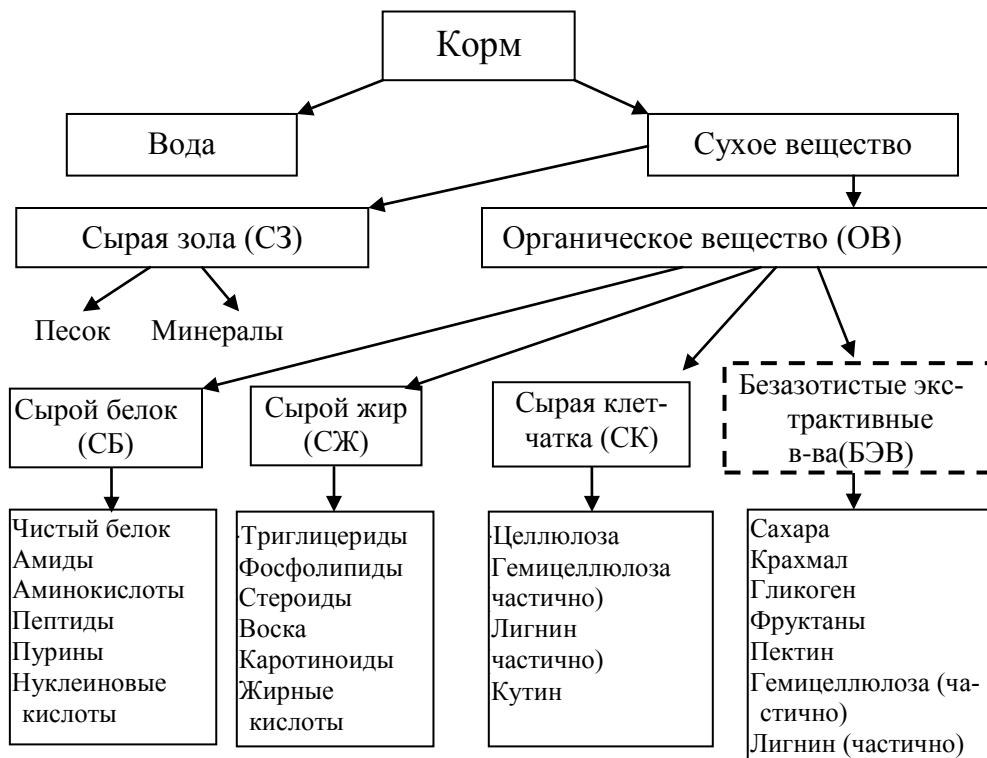
Таблица 2. Состав кормов по результатам зоотехнического анализа, содержание воды и СВ выражено в %, остальные вещества в г/кг натурального и сухого вещества кормов

Корма	Вода, %	СВ, %	СБ, г	СЖ, г	СЗ, г	СК, г	БЭВ, г
В 1 кг натурального вещества (НВ)							
Сено суданки	15	85	106	25	59	221	439
Сенаж из люцерны	55	45	65	16	45	103	221
Силос кукурузный	70	30	26	12	14	70	179
Ячмень	12	88	109	19	25	47	679
Свекла кормовая	87	13	16	14	15	15	83
В 1 кг сухого вещества (СВ)							
Сено суданки	0	100	125	29	69	260	517
Сенаж из люцерны	0	100	145	36	100	228	491
Силос кукурузный	0	100	85	40	46	233	596
Ячмень	0	100	124	22	29	53	772
Свекла кормовая	0	100	123	11	115	112	639


**Зола.** Содержание сырой золы определяют путем сжигания навески корма в муфельной печи при температуре 550°С до тех пор, пока не будет удален углерод. Остаток от сжигания – это зола. Она представляет собой неорганические вещества – Са, Р, Mg, Na, К и все другие минеральные элементы. Во фракцию золы могут попадать минеральные вещества, находившиеся в составе органических веществ: сера из серосодержащих аминокислот; фосфор – из фосфолипидов и нуклеиновых кислот; железо – из гемоглобина крови и т.д. Таким образом, сырая зола не является по количеству истинным представителем неорганических

материалов. Кроме того в золе присутствует кремний (Si – силиций), который не относят к минералам. Поэтому золу называют сырой золой, т.е. не чистым минералом.

### Схема зоотехнического анализа кормов по Геннебергу и Штоманну (схема 2)



 - определяется аналитически

 - рассчитывается:  $БЭВ = 100 - (СК + СБ + СЖ + СЗ)$

**Белок (англ. – протеин).** Содержание сырого белка рассчитывают по количеству азота (N), определяемого по методу, разработанному более 100 лет назад в 1883 году датским ученым Кьельдалем.

Метод Кьельдаля заключается в кипячении навески корма в концентрированной  $H_2SO_4$ , при этом органический азот окисляется до сульфата аммония  $(NH_4)_2SO_4$ . Последующая ступень заключается в измерении количества аммиака  $(NH_3)$ . При добавлении к кислотному перевару щелочи NaOH и кипячении освобождается аммиак, который поглощают раствором серной или борной кислоты. По количеству связанной кислоты определяют содержание азота, зная, что 1 мл 0,1н  $H_2SO_4$  связывает 1,4 мг азота (N). Важное место в методе занимают катализаторы или каталитические смеси. Одна из таких смесей состоит из  $K_2SO_4$  и  $CuSO_4$ , которые добавляют в сжигаемую смесь навески и концентрированной  $H_2SO_4$ .

Белки отличаются от углеводов и жиров тем, что в их молекуле содержится азот. Большинство белков содержат 16% азота (16г в 100г белка). Если 100г белка разделить на 16 мы получим азотный коэффициент, равный 6,25 ( $100:16=6,25$ ). Азотный коэффициент используют для определения количества сырого белка (сырого протеина), путем умножения количества азота в навеске корма на 6,25 ( $N \times 6,25 =$  сырой белок).

Вместе с тем, было установлено, что в белке зерна пшеницы, ячменя, ржи, тритикале содержится больше чем 16% азота, а именно – 17,5%. Это обусловлено тем, что в их белке много богатых азотом аминокислот – глутамина и аспарагина. Растениеводы при расчете содержания белка в зерне этих культур применяют белковый коэффициент не 6,25, а 5,7 ( $100 \div 17,5 = 5,7$ ). Однако в зоотехнической практике для всех кормов, в том числе для вышеназванных зерновых, применяется один белковый коэффициент 6,25.

При определении сырого белка не надо думать, что весь азот представлен истинными или чистыми белками. В кормах содержатся небелковые азотсодержащие вещества: свободные аминокислоты, короткие пептиды, нуклеиновые кислоты, амины и амиды. Для них применяют общее название – амиды. Особенно значительное количество свободных аминокислот в свежей вегетативной массе растений в % от общего азота: рапс – 32,5%, вика – 16,8, люцерна – 9,3, в траве в начале вегетации почти на 100% содержится небелковый азот; содержание азота нуклеиновых кислот в % от общего N: свекла – 3,2%, морковь – 6,7%, микробная масса – 8%. Мало азота свободных аминокислот и нуклеиновых кислот (около 0,5%) в зерне злаковых и бобовых культур, жмыхах и шротах, кормах животного происхождения.

Так как белок по Кьельдалю состоит из собственно белка и амидов, то его называют сырым белком. Поэтому говорят так: сырой белок состоит из белка и амидов. Когда говорят о содержании белка кормов, не обязательно добавлять слово «сырой», так как это само собой разумеется.

Определение азота по Кьельдалю остается до сих пор наиболее широко применяемым методом в аналитической практике (рис. 1). На основе этого метода созданы приборы, позволяющие проводить массовый анализ кормов. К более быстрым методам следует отнести метод Дюма (сжигание и определение азота без использования кислот и щелочей), а так же определение без сжигания навески корма на приборе по принципу инфракрасного излучения (рис 2).



Рисунок 1. Комплект приборов для определения азота в кормах по методу Кьельдаля



Рисунок 2. Универсальный анализатор состава зерна и комбикормов на основе инфракрасного излучения



Рисунок 3. Автоматический аминокислотный анализатор

**Аминокислоты** определяют на аминокислотном анализаторе. Белки в составе навески корма гидролизуют (разрывают пептидные связи между аминокислотами с помощью 6N HCl путем кипячения в течение 22 ч при температуре 110 °С). Гидролизат наносят на колонку с ионообменной смолой, аминокислоты смывают буферными растворами. В зависимости от молекулярной массы и заряженности аминокислоты распределяются и элюируются (смываются) с колонки в определен-



Рисунок 4. Автоматический аппарат для определения в кормах сырого жира

жир делается приставка «сырой».

**Углеводы.** Углеводы корма содержат две фракции – сырую клетчатку (СК) и безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ).

Сырую клетчатку определяют в обезжиренной навеске корма путем последовательной обработки (экстракции) кипящими растворами кислоты и щелочи с последующим промыванием остатка водой, спиртом, эфиром. Органический остаток после экстракции считается сырой клетчаткой, которая состоит из гемицеллюлозы, целлюлозы и лигнина, однако этим методом получают не полное количество веществ, которые присутствуют в корме.

Количество БЭВ в % определяют путем вычитания из 100 суммы сырой золы, сырого белка, сырого жира и сырой клетчатки:  $100 - (СЗ\% + СБ\% + СЖ\% + СК\%) = БЭВ$ . В состав БЭВ входят крахмал, сахара, пектины, органические кислоты, кроме того, компоненты, недоопределённые в своих фракциях.

**Содержание веществ.** Количество веществ в корме выражают в % и г/кг натурального (НВ) и сухого вещества (СВ). Сухое вещество не содержит воды и называется абсолютно сухим веществом. Поскольку сухое вещество является источником всех питательных веществ, то более правильно выразить содержание питательных веществ и потребность в них у животных в расчете на сухое вещество. Комбикорма для свиней и птиц состоят из зерна, жмыхов и шротов, которые имеют близкое содержание сухого вещества – в пределах 87 – 90%, поэтому содержащиеся в них питательные вещества выражают в натуральном веществе (НВ), которое называют воздушно-сухим веществом

ной последовательности. После реакции с нингидрином устанавливается их количество в образце и фиксируется в компьютере (рис. 3).

**Сырой жир.** Фракцию сырого жира (сырого липида) определяют в результате продолжительной экстракции навески корма петролейным эфиром при температуре 50 – 70°C в приборе Сокслета. Остаток после выпаривания растворителя является эфирным экстрактом или сырым жиром. Кроме истинных жиров (триглицеридов) он содержит органические кислоты, спирты, воска и пигменты (хлорофилл). Из-за неоднородности вещества этой фракции к слову

## Модифицированная система анализа кормов

Определение питательных веществ по схеме зоотехнического анализа постоянно подвергалось критике как устаревшее и неточное, при этом наибольшим сомнениям подвергались результаты определения сырой клетчатки и БЭВ. Дело в том, что реагенты, используемые при определении СК (растворы кислот и щелочи), могут удалять до 60% целлюлозы, 80% гемицеллюлозы и от 10 до 95% лигнина из фракции сырой клетчатки. Эти вещества попадают во фракцию БЭВ, поэтому БЭВ часто оказываются менее переваримыми, чем сырая клетчатка, чего не должно быть. В зарубежной зоотехнической практике показатели БЭВ и сырой клетчатки перестали использовать около 30 – 40 лет тому назад.



Рисунок 5. Автоматический аппарат для определения нейтрально- и кислотно-детергентной клетчатки, лигнина, целлюлозы, гемицеллюлозы

Кроме того, некоторого количества белка и воска, крепко связанных с материалами клеточных стенок. Эти вещества создают прочную структуру клеточных стенок растений, поэтому их называют структурными углеводами.

**Нейтрально – детергентная клетчатка (НДК).** Это – остаток после экстракции навески корма кипящим нейтральным раствором натрий лаурилсульфата и этилендиаминотетрауксусной кислоты (ЕДТА). В результате экстракции с раствором удаляется содержимое клеток (белки, растворимые сахара, крахмал, жиры, пектины, органические кислоты), а остаток, названный НДК состоит из лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы (схема 3). Метод предназначен для грубых кормов, но может так же использоваться для зерновых, из которых предварительно

Альтернативная процедура определения клетчатки, называемая детергентная аналитическая система, разработана Ван Соестом (VanSoest, 1963; 1967). По этой системе клетчатку, которая представляет собой прочные растительные клеточные стенки кормов, определяют как нейтрально – детергентную клетчатку (НДК) и кислотно – детергентную клетчатку (КДК). Растительные клеточные стенки состоят в основном из 3-х видов полисахаридов (целлюлозы, гемицеллюлозы, пектина), а так же поли-



удаляют крахмал, путем обработки ферментом амилазой. НДК в количественном отношении примерно в 2 раза превышает количество СК в кормах (сравните показатели 2 и 3 таблиц для одних и тех же кормов). НДК относят к структурным углеводам. Они создают прочную структуру клеточных стенок.

Переваримость этой фракции зависит от ее химического состава (соотношения целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина). Поэтому корма или рационы с одинаковым содержанием НДК не обязательно имеют одинаковую энергетическую ценность, более того, определенные корма или рационы с высокой концентрацией НДК могут обладать более высокой энергетической ценностью, чем корма и рационы с более низкой концентрацией НДК.

### Модифицированная схема анализов кормов (схема 3)



- определяется аналитически



- рассчитывается:  $НСУ = 100 - (НДК + СБ + СЖ + СЗ)$

Оптимальное количество НДК определяется сбалансированностью рациона энергией. Избыточное количество НДК отрицательно действует на потребление сухого вещества (СВ), однако НДК не ухудшает потребление СВ, если рацион сбалансирован по концентрации обменной энергии в СВ в соответствии с нормами потребности. Для коров с удоем 40кг молока в день потребление СВ не ухудшалось при 32%

НДК. Для коров с надоем молока 20 кг/день потребление СВ не снижалось пока уровень НДК в рационе не достиг 40%.

Таблица 3. Состав кормов по модифицированной Ван Соестом системе анализа

Корма	Вода, %	СВ, %	СБ, г	СЖ, г	СЗ, г	НДК, г	КДК, г	НСУ, г
В 1кг натурального вещества (НВ)								
Сено суданки	15	85	106	25	59	490	313	170
Сенаж из люцерны	55	45	65	16	45	207	135	117
Силос кукурузный	70	30	26	12	14	150	84	98
Ячмень	12	88	109	19	25	183	63	544
Свекла кормовая	87	13	16	14	15	43	18	42
В 1 кг сухого вещества (СВ)								
Сено суданки	0	100	125	29	69	577	368	200
Сенаж из люцерны	0	100	145	36	100	460	300	259
Силос кукурузный	0	100	85	40	46	500	280	329
Ячмень	0	100	124	22	29	208	72	617
Свекла кормовая	0	100	123	11	115	330	140	421

Оптимальное количество НДК в рационе благоприятно сказывается на здоровье коров, поскольку уровень НДК положительно коррелирует с рубцовым рН. Основная масса НДК происходит из объемистых кормов (сена, силоса, сенажа), она улучшает жвачку и секрецию слюны, тем самым повышает буферную емкость рубцового содержимого.

Для обозначения свойств НДК в питании жвачных применяют термины: «эффективная НДК (эНДК)» и «физически эффективная НДК» (фэНДК) (Mertens, 1997). Первая - это общее количество НДК в рационе, способное поддерживать содержание жира в молоке. Вторая - это НДК из грубых кормов (сено, силос, сенаж, солома) с определенным размером частиц, которые способствуют активизации жвачки и поддержанию нормально рН рубца.

Для измерения фэНДК предложено деление ее на классы, основанные на стимулировании жвачки. Для полностебельного травяного сена – фэНДК принята за единицу – 1, крупно измельченного кукурузного силоса и сенажа – от 0,9 до 0,95, мелкоизмельченных грубых кормов от 0,7 до 0,85. Рацион с 22% фэНДК в СВ поддерживают рубцовый рН на уровне 6, с 20% фэНДК – жир молока на уровне 3,4% у коров в ранней лактации.

Оценка корма на содержание фэНДК производится путем просеивания корма на трехярусном сите и распределение соотношения частиц размером  $>19$ мм, от 8 до 19мм и  $<8$ мм. Было установлено, что потребность фэНДК составляет 19% СВ силоса, удерживаемого на сите с размером ячеек 8-19мм.

**Кислотно – детергентная клетчатка (КДК).** При оценке кормов по Ван Соесту используется и другая фракция – кислотно–детергентная

клетчатка. Это остаток после многократной промывки навески НДК кислотной – детергентным раствором 0,5м H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и цетилтриметиламмонийбромидом. При этом из НДК удаляется гемицеллюлоза, остаток КДК включает лигнин, целлюлозу, кутин и кремний. Определение КДК весьма полезно для грубых кормов, так как в ряде опытов обнаружена достоверная отрицательная корреляция между её содержанием и переваримостью корма.

После обработки КДК 72% серной кислотой, которая растворяет целлюлозу, в остатке получают лигнин + кутин. Количество гемицеллюлозы рассчитывают: ГЦ = НДК – КДК; целлюлозы: Ц = КДК – лигнин.

Во фракциях НДК и КДК содержится некоторое количество азота, прочно связанного с клеточными стенками и неотделяемого нейтральным и кислотным растворителем. Для более точного определения показателей НДК и КДК из их количества вычитают присутствующие соответственно, нейтрально – детергентный нерастворимый сырой белок (НДНСБ) и кислотной – детергентный нерастворимый сырой белок (КДНСБ), которые определяют по Кьельдалю в перепаратах НДК и КДК. НДНСБ и КДНСБ составляют часть сырого белка корма, определяемого по Кьельдалю. Их общее количество, например, в кукурузном силосе составляет 2,2%, в зерне кукурузы – 0,9% сухого вещества, в сене люцерновом 4%, подсолнечном шроте до 6% СВ.

Существует тесная корреляция между содержанием НДК и КДК. В связи с этим предложены уравнения регрессии для расчета КДК на основе знания содержания НДК.

Для кукурузного силоса: КДК, % = -1,15 + 0,62 НДК, %

Для сена и зеленой массы трав: КДК, % = 6,89 + 0,50 НДК, %

Для сена, сенажа из бобовых трав: КДК, % = -0,73 + 0,82 НДК, %

К сожалению, наши лаборатории, за редким исключением, не оснащены специальными приборами и реактивами для определения НДК и КДК. Поэтому продолжают выдавать данные анализа сырой клетчатки.

**Неструктурные углеводы (НСУ).** Аналогично ранее определяемой фракции БЭВ, в новой системе используют показатель неструктурные углеводы, определяемый в процентах как разница: 100 – (СБ % + СЖ % + СЗ % + НДК %), или в г /кг СВ: 1000 – (СБ г/кг + СЖ г/кг + СЗ г/кг + НДК г/кг). Во фракцию НСУ входят вещества, вымываемые при экстракции НДК. Эти вещества находятся внутри растительной клетки и представляют крахмал, растворимые сахара, пектин, органические, главным образом, летучие жирные кислоты. Показатель НСУ существенно ниже показателя БЭВ и лучше отражает состав фракции неструктурных углеводов (таблицы 2,4).

Количество НСУ в кормах зависит от типа корма и методов их переработки. Различия более всего обусловлены содержанием пектина и жирных кислот (таблица 4).

Таблица 4. Содержание НСУ и его состав (NRC, 2001)

Корма	НСУ, % СВ	В т.ч.			
		Сахар	Крахмал	Пектин	ЛЖК
Силос люцерновый	18,4	0	4,5	6,1	7,8
Сено злаково-бобовое	16,6	5,9	2,5	8,2	0
Силос кукурузный	41,0	0	29,2	0	11,8
Ячмень	60,7	5,5	49,6	5,6	0
Кукуруза	68,7	14,4	54,0	0	0
Жом свекловичный	36,2	12,7	0,7	23,3	0
Соевая шелуха	14,1	2,7	2,7	8,8	0
Соевый шрот	34,4	9,7	9,7	15,0	0

Неструктурные углеводы быстро сбраживаются в рубце с образованием ЛЖК. Поэтому важно знать оптимальные концентрации НСУ в рационах коров, чтобы исключить ацидоз и другие метаболические проблемы. По нормам NRC – 2001 максимальное количество НСУ в рационах лактирующих коров составляет 36-44% СВ, сухостойных 20-35% СВ.

Крахмал составляет основную массу НСУ в большинстве кормов и является наиболее важным источником энергии. На скорость и степень рубцового пищеварения крахмала, помимо его количества, могут оказывать специфические особенности корма. Скорость ферментации крахмала в рубце различается заметно в зависимости от вида зерна: овес > пшеница > ячмень > кукуруза > сорго.

Таблица 5. Рекомендуемые минимальные концентрации общей НДК и КДК объемистых кормов, максимум НСУ в рационах лактирующих коров при кормлении полнорационной кормосмесью

Минимум НДК объемистых кормов	Минимум НДК в рациионе	Максимум в рациионе НСУ	Минимум в рациионе КДК
19	25	44	17
18	27	42	18
17	29	40	19
16	31	38	20
15	33	36	21

Рациионы, которые содержат меньше НДК и КДК, чем эти минимумы и больше НСУ, чем 44%, не следует скармливать.

## Некрахмальные полисахариды (НКП)

В питании моногастричных, в т.ч. человека группу углеводов называют «диетическая клетчатка» или некрахмальные полисахариды (НКП). НКП представляют собой нейтрально-детергентную клетчатку, в которой помимо лигнина, целлюлозы, гемицеллюлозы содержится пектин, т.е. НДК+пектин. Эта группа не переваривается в желудочно-кишечном тракте, так как собственных ферментов целлюлазы, гемицеллюлазы, пектиназы у млекопитающих нет. Эти ферменты вырабатываются бактериями, грибами, населяющими рубец жвачных.

Лигнин не является полисахаридом и представляет собой фенольный полимер. Он устойчив к перевариванию и не используется в качестве питательного средства. Лигнификация стенок растительных клеток снижает переваримость содержащихся здесь полисахаридов. НКП в большинстве кормов, наряду с лигнином, присутствуют в большом количестве в клеточных стенках. Метод определения НКП включает две стадии:

1. Энзим-гравиметрический метод, который измеряет группу полисахаридных компонентов и не дает детального анализа об их составе. В методе определения общей клетчатки образцы желатинизируют путем нагревания и обработки энзимами, чтобы удалить крахмал и белки. Фракция некрахмальных полисахаридов осаждается этанолом, остаток высушивается и взвешивается.

2. Энзим-хроматографический метод, который определяет отдельные углеводы в образце. Метод Энглиста (Englysta, 1982) (рис. 6) можно использовать для определения общей, растворимой и нерастворимой клетчатки. Измерение НКП этим методом включает удаление крахмала энзимом  $\alpha$ -амилазой. После осаждения этанолом НКП-остаток гидролизуют  $12\text{M H}_2\text{SO}_4$ . Отдельные мономерные нейтральные компоненты сахара определяют на газожидкостном хроматографе. Альтернативно общий сахар определяют калориметрически после реакции с динитросалициловой кислотой. Общие НКП и нерастворимые НКП определяют непосредственно путем анализа отдельных субпроб и растворимые НКП рассчитывают по разнице. Главные составляющие НКП являются рамноза, арабиноза, ксилоза, глюкоза, галактоза, манноза, глюкуроновая и галактуроновая кислоты. Целлюлоза расщепляется до глюкозы, гемицеллюлоза дает ксилозу, маннозу и галактозу. При гидролизе пектина освобождается арабиноза, галактоза и уроновая кислота.

Недавно было обращено внимание на обе эти формы клеточного волокнистого материала. Оказалось, что водорастворимая фракция НКП, понижает содержание холестерина в сыворотке крови, а нерастворимая НКП повышает объем, фекалия и повышает скорость его прохождения через толстый кишечник.

Полагают, что эта фракция является полезной в предотвращении ряда болезней, включающих рак кишки. НКП кормов могут расщепляться в толстой кишке свиней путем микробной ферментации, дающей ЛЖК, которые всасываются, но делают малозначительный вклад в об-

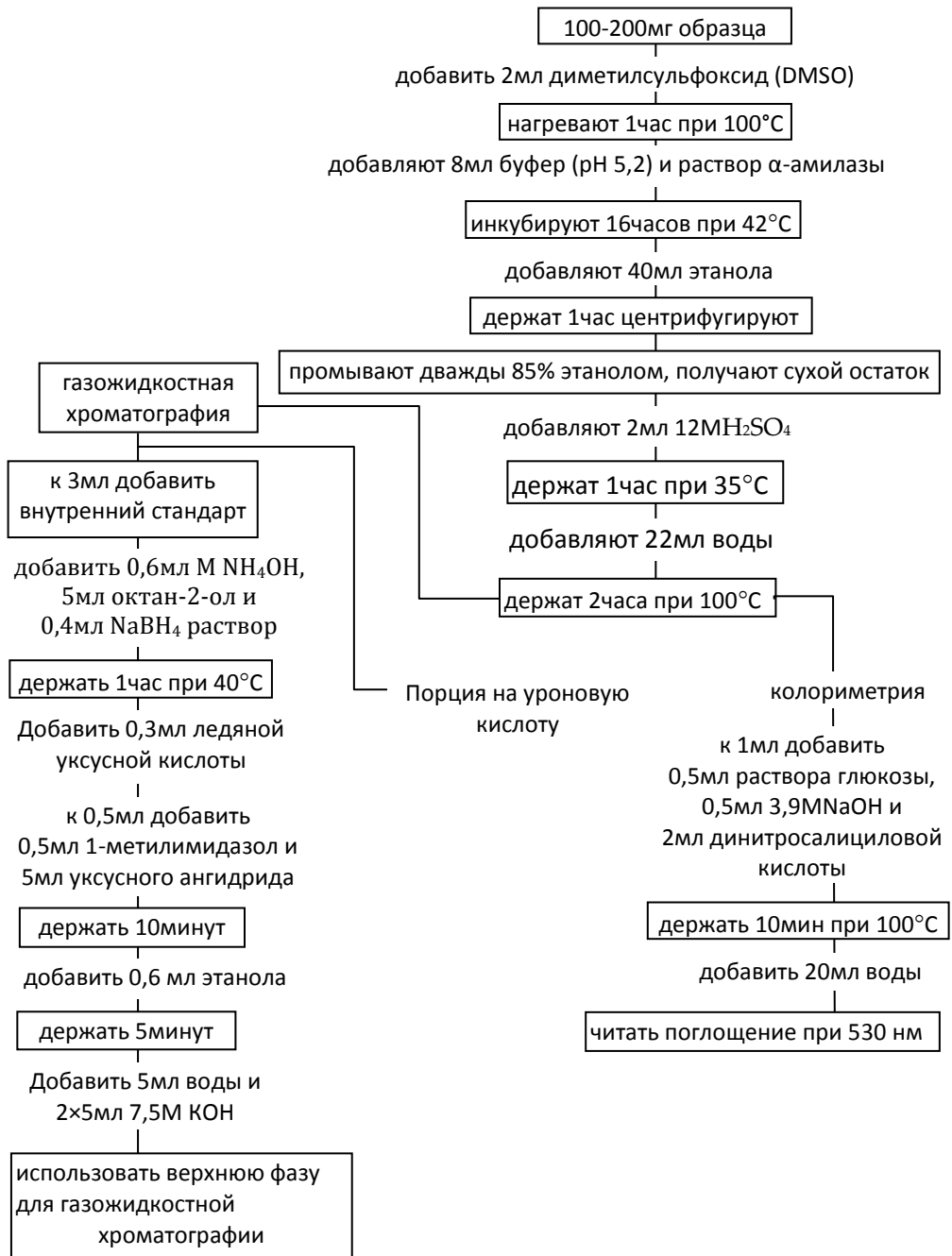


Рисунок 6. Определение некрахмальных полисахаридов методами колориметрии и газожидкостной хроматографии (Н. Englyst, 1989)

менную энергию. У жвачных НКП являются важным источником энергетических веществ.

Степень расщепления (переваривания) НКП зависит от структуры (конформации) полисахаридных полимеров и их структурной связи с неуглеводными компонентами, такими как лигнин. Кроме того, физические свойства НКП, такие как водоудерживающая способность и ионообменные свойства могут влиять на степень ферментации. Гельобразующие НКП, такие как  $\beta$ -глюкан, снижают переваримость и всасывание питательных веществ в результате образования вязкой среды в тонкой кишке, ухудшая тем самым контакты с ферментами, при этом консистенция фекалия у поросят и цыплят более вязкая и мажущаяся. О положительных свойствах: водоудерживающая способность НКП приводит к полезному действию в ограничении потребления корма супоросными матками из-за увеличения времени, которое она затрачивает на еду, и более длительной заполненности желудка пищей, а так же из-за снижения неблагоприятного жевания перегоронок.

В зерне ржи, тритикале, ячменя, овса содержится значительное количество НКП, которые ухудшают переваримость и рост поросят, цыплят (таблица 6). Для снижения неблагоприятного действия применяют добавки в корм ферментных препаратов – ксиланазы, пектиназы,  $\beta$ -глюканазы, которые расщепляют их до моносахаров и снижают их гельобразующее действие.

Таблица 6. Содержание некрахмальных полисахаридов в кормах

Корма	Всего, г/кг сухого вещества	В том числе		
		НДК	$\beta$ -глюканы	арабиноксиланы
Пшеница	11,4	2,0	1,3	8,1
Отруби пшеничные	40,9	8,0	4,3	28,6
Рожь	13,2	1,5	2,8	8,9
Овес без пленки	7,8	0,7	5,0	2,1
Ячмень	16,7	3,9	4,9	7,9
Горох	14,6	5,8	3,3	5,5
Тритикале	15,0	2,5	1,7	10,8
Кукуруза	7,2	2,0	0	5,2
Шрот соевый	20,0	4,5	3,8	11,7
Шрот подсолнечный	28,0	10,0	4,9	13,1

Разные сорта пшеницы, тритикале, ячменя, ржи существенно различаются по содержанию НКП. Оценка зерна пшеницы и тритикале селекции Краснодарского НИИСХ им П.П. Лукьяненко выявила большие межсортные различия по реакции на добавку ферментов в рационы цыплят. Поэтому актуальным вопросом является оценка зерна злаковых культур страны на наличие НКП и целесообразность применения ферментов в сортовом разрезе.

## Компоненты стенки растительной клетки

Растительные клетки покрыты эпидермисом, который состоит из двух клеточных оболочек первичной и вторичной. Кроме того, поверхность клетки покрывается кутикулой. Эту систему называют клеточной стенкой, которая обеспечивает механическую защиту клетки и регуляцию транспирации (рис. 11).

**Углеводы.** Стенка растительной клетки состоит из нескольких полисахаридов, часто объединенных с белками, фенольными веществами или уксусной кислотой, в некоторых клетках вместе с фенольным полимером лигнином. Лигнин – очень сложное по структуре вещество. Мы не случайно ввели формулу лигнина, чтобы студент мог представить сложность образования клеточных стенок (рис. 7).

Целлюлоза – наиболее крупная макромолекула клетчатки, является линейным  $\beta$ -1,4-связанным полимером из нескольких тысяч остатков глюкозы. Она находится в кристаллической форме, организованной в виде микрофибриллы, где цепи целлюлозы плотно упакованы друг с другом в компактные агрегаты, окруженные матриксом из других компонентов клеточной стенки. Глюкановые цепи держатся вместе с помощью водородных связей. Конформация глюкозы способствует механической прочности целлюлозы и её устойчивости к микробной, энзиматической деградации и кислотному гидролизу (рис. 8). Нити (микрофибриллы) целлюлозы составляют основу первичной оболочки. Они инкрустируются лигнином, что создает особую прочность стебля и листьев, а также имеет защитное значение от проникновения патогенов в листья, плоды и зерно. При попадании в желудочно-кишечный тракт животных они защищают белки от переваривания энзимами.

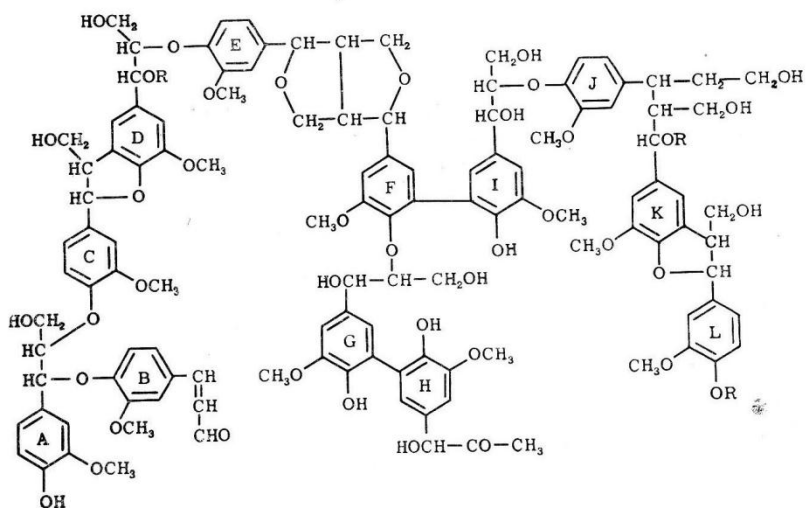


Рисунок 7. Структурные элементы лигнина



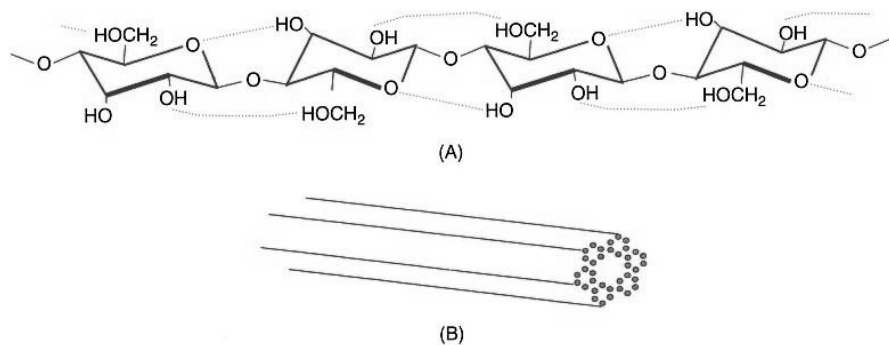


Рисунок 8. Структура целлюлозы (А) часть молекулы целлюлозы показывающая молекулы глюкозы соединенные друг с другом через гликозидные связи (-О-) и структура, скрепленная Н-связями (В) структура микрофибрил целлюлозы (взято из *Animal Nutrition Science*, Gordon McL. Dryden, 2008)

Другой тип полисахаридов, находящихся в стенках растительной клетки, относящихся к нецеллюлозным полисахаридам, схематически представлены на (рис. 9). Их классифицируют как гемицеллюлоза, пектиновые вещества и водорастворимые полисахариды, включая камедь (смолистые вещества) и растительный клей.

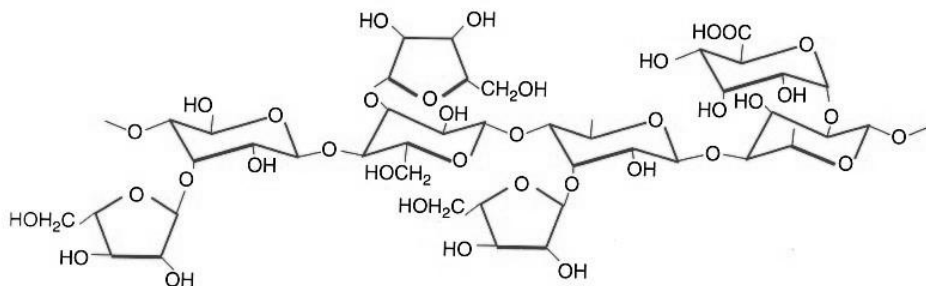


Рисунок 9. Структура гемицеллюлозы

Зерновые злаки, которые являются источниками клетчатки для человека и моногастричных животных так же содержат пектиновые вещества. Стенки клеток эндосперма пшеницы имеют арабиноксиланы как главные полисахариды, частично растворимые в воде, в эндосперме ячменя и овса 1,4-1,3-β-глюканы доминируют. В алейроновом слое пшеницы и ячменя арабиноксиланы и разнородно связанные β-глюканы преобладают.

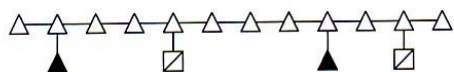
Таблица 7. Наиболее значимые компоненты растительных клеточных стенок

Пектины	Гемицеллюлозы	Белки	Фенолы
Арабаны	Ксиланы	Гликопротеины:	Лигнины
Галактаны	Ксилоглюканы	Арабиногалактопротеины (АГП)	Синаповая кислота
Арабиногалактаны	Галактоманнаны	Экстензин	Кумариновая кислота
Галактоуронаны	Глюкоманнаны	Гликопротеины, богатые гидроксипролином	Галактуроновая кислота
Гомогалактоуронаны	Маннаны	Белки, богатые глицином	Эфиры кислот с углеводами, формирующими поперечные связи полисахаридов
Рамногалактоуронаны I, II	Галактоглюкоманнаны	Гликопротеины, богатые пролином	
(Олигосахара)	Арабиногалактан II	Энзимы	

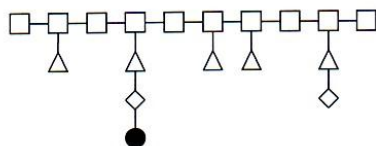
1,4;1,3 - β - Глюкан



Арабиноглюкуроноксилян



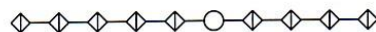
Ксилоглюкан



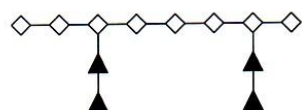
Галактоманнан



Рамногалактуронан



Арабиногалактан



△ – D-ксилоза

□ – 1,4 – D-глюкоза

◇ – D-галактоза

○ – L-рамноза

▣ – D-глюкуроновая кислота

▲ – L-арабиноза

■ – 1,3 – D-глюкоза

◆ – D-манноза

● – L-фукоза

◇ – D-галактуроносовая кислота

Рисунок 10. Структурные особенности основных некрахмальных полисахаридов

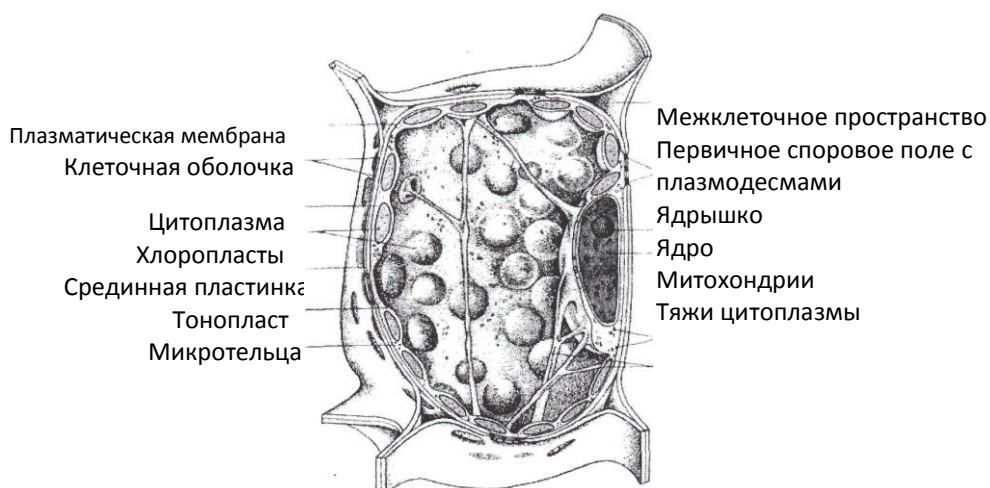


Рисунок 11. Трехмерная схема растительной клетки, содержащей хлоропласты

Хорошо известно, что переваримость кормов находится в обратной зависимости с уровнем сырой клетчатки, богатой лигнином, который не переваривается животными. Между тем животноводы заинтересованы в сортах кормовых трав, гибридах кукурузы, сорго и других культур с повышенной переваримостью сухого вещества.

Открытие мутантных форм кукурузы, сорго, проса, ("brown midrib – коричневая жилка листа"), содержание лигнина в зеленой массе которых на 20-30% меньше по сравнению с его уровнем у нормальных гибридов этих культур, дает возможность повышения переваримости сухого вещества на 7-10% в том числе белка на 3-5%.

В наших опытах, при кормлении по рационам, в которых низколигнинная кукуруза составляла 50% (по сухому веществу), приросты откармливаемых бычков были на 15,9% выше по сравнению с привесами бычков на таком же рационе, но с силосом из обычной кукурузы. По данным других исследователей надои коров на рационах с силосом из низколигнинного сорго были выше почти на 30% по сравнению с надоем коров на рационе силосом из обычного сорго.

Сейчас выявлены формы низколигнинной кукурузы с нормальной окраской листовой жилки, с признаками "мягкий висячий лист" ("Lax leaf"). Этот признак является удобным маркером при селекции силосной кукурузы. У линии кукурузы "Lax leaf" значительно меньше лигнина, сырой клетчатки и более высокая переваримость сухого вещества.

Среди обычных гибридов кукурузы так же выделены формы с пониженным содержанием лигнина и более высокой переваримостью.

### Проверочные вопросы:

1. Из каких питательных веществ состоит органическое вещество корма?
2. Какие питательные вещества в кормах определяются зоотехническим анализом?
3. Что такое сырой белок (сырой протеин), чистый белок (чистый протеин), амиды?
4. Почему клетчатку выделяют из группы углеводов, из каких химических веществ она состоит?
5. Какие корма содержат много белка, сахара, крахмала, клетчатки, кальция, фосфора?
6. Чем отличается схема анализа кормов по Ван Соесту от схемы по Геннебергу и Штоманну?
7. Из каких веществ состоит нейтрально – детергентная (НДК) и кислотно -детергентная клетчатка (КДК), как их определяют?
8. Как определить органическое вещество корма?
9. Из каких веществ состоят неструктурные углеводы (НСУ) корма?
10. Из каких веществ состоит белок корма?
11. Каким методом определяют и рассчитывают содержание сырого белка корма?

### Список литературы:

1. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов: Научное издание/ М.П. Кирилов и др.//Мю: ФГНУ «Росинформагротех», 2009.-404 с.
2. Lammers, B.P., D.R. Buckmaster, A.J. Heinrichs. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. J. Dairy Sci., 1996, 79:922-928.
3. Mertens, D.R., Physically effective NDF and its use in dairy rations explored. Feeds tuffs, 2000, April, 10:11-14.
4. Nocek, J.E. Bovine acidosis: implications on lameness. J. Dairy Sci., 1977, 80:1005-1028.
5. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 2001.
6. Oba. M., M.S. Allen. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci., 1999, 82:589-596.
7. Van Soest P.J., J.B. Robertson, B.L. Lewis Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition/ J. Dairy Sci., 1991, 74:3583-3597.

8. Van Soest P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for determination of fiber and lignin/ J/ Assoc. Office. Anal. Chem., 1963, 46:829.
9. Van Soest P.J., R.H. Wine Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell wall constituents. J. Assoc. Office. Anal. Chem., 1967, 50:50.
10. Yang, W.Z., Beauchemin. Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. J. Dairy Sci., 2006, 89:2694-2704.
11. Yang, W.Z., K.A. Beauchemin. Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: chewing and ruminal pH. J. Dairy Sci., 2007, 90:2826-2838.
12. Yang, W.Z., K.A. Beauchemin. Effect of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. J. Dairy Sci., 2006, 89:217-228.
13. Zabely Q., M. Tafaj, H. Steingass, B. Metzler, W. Drochner. Effects of physically effective fiber on digestion processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed ration. J. Dairy Sci., 2006, 89:651-668.

# Пищеварение

## Сущность пищеварения

**Пищеварение** – это совокупность процессов, включающих потребление корма, его механическое измельчение, химическое (ферментативное) расщепление крупных полимерных молекул (белков, жиров и углеводов) до мономеров. Конечными продуктами расщепления белков являются аминокислоты (отчасти мелкие пептиды), жиров - глицерин и жирные кислоты, крахмала и других углеводов – моносахара (глюкоза, фруктоза, галактоза). Эти вещества из кишечника всасываются в кровь, и из них в организме синтезируются «свои», присущие телу и продукции животных белки, жиры, углеводы и другие, жизненно необходимые вещества. Непереваренные остатки корма выделяются в виде фекалий.

**Пищеварительная система.** У млекопитающих она представлена ротовой полостью, глоткой, слюнными железами, пищеводом, желудком, кишечником, поджелудочной железой и печенью. Пищеварительный тракт условно делят на три отдела: передний, средний и задний. Передний отдел: ротовая полость, глотка, пищевод, обеспечивает захватывание, механическое измельчение путем пережевывания, смачивание слюной и проглатывание корма. Средний отдел: желудок и тонкий кишечник. Последний, делится на двенадцатиперстную (duodenum), тощую (jejunum) и подвздошную кишки (ileum). Средний отдел обеспечивает химическую переработку корма с помощью ферментов и всасывание продуктов гидролиза (через кишечную стенку в кровь). Задний – отдел толстых кишок, осуществляет обработку переваренных остатков корма микроорганизмами, всасывание воды, образование и выделение фекалия.

## Пищеварение в желудке

Желудки у разных животных имеют разное количество камер. У свиньи, лошадей, собак, кроликов желудок однокамерный. У птиц – двухкамерный, первый железистый, второй – мышечный. Жвачные животные – крупный рогатый скот, овцы, козы, верблюды, питающиеся грубым растительным кормом, отличаются от других млекопитающих крупным желудком, разделенным на четыре отдела – рубец, сетку, книжку и сычуг. Первые три камеры называют преджелудками. Сычуг - истинный желудок, аналогичный как у животных с однокамерным желудком.

**Пищеварение в однокамерном желудке.** Слизистая желудка состоит из множества (их миллионы) секреторных клеток. В зависимости от функций клеток различают пищеводную, кардиальную, фундальную и пилорическую зоны. В пищеводной зоне нет железистых клеток.

Кардиальная и пилорическая зоны представлены, главным образом, добавочными клетками, вырабатывающими мукоидную слизь. Фундальная зона представлена главными клетками, секретирующими проферменты пепсиноген и прореннин, и обкладочными, секретирующими соляную кислоту. В слизистой желудка есть эндокринные клетки, вырабатывающие гормон гастрин. Таким образом, желудочный сок, содержит ферменты пепсин, реннин, соляную кислоту и слизистый мукоид.

Моногастричные животные (свинья)



Нежвачные травоядные животные (лошадь)



Жвачные



Птица

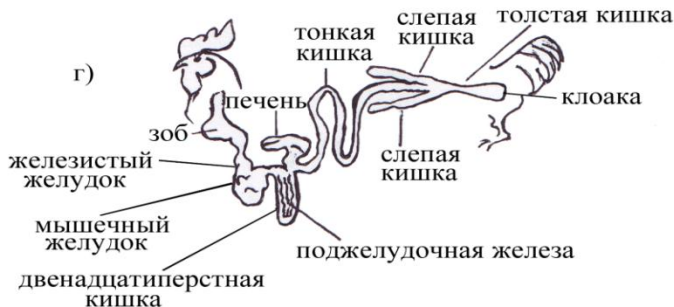


Рисунок 12. Строение пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных

Соляная кислота выполняет следующие функции: активирует неактивные проферменты – пепсиноген и прореннин, превращая их в активные пепсин и реннин, поддерживает в содержимом желудка значение рН, оптимальное для действия пепсина и ренина; выполняет бактерицидную функцию; денатурирует белки, вследствие чего они становятся более доступными для гидролитического расщепления ферментами; тормозит освобождение секретина и других гормонов; растворяет минеральные вещества, поступившие с кормом, такие как  $Ca_3(PO_4)_2$  до более усвояемых форм; стимулирует секрецию фермента энтерокиназы в 12-перстной кишке.

Пепсин расщепляет молекулы белков на крупные фрагменты – полипептиды. Следовательно – переваривание в желудке является лишь начальной ступенью пищеварения.

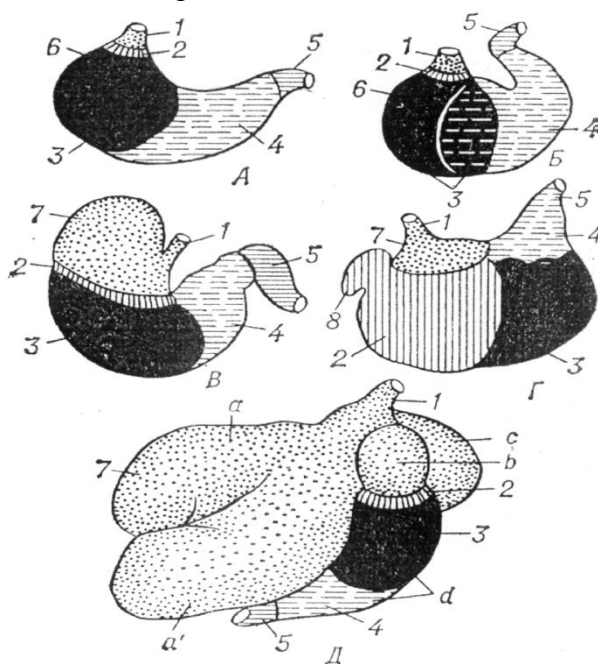


Рисунок 13. Схема распределения железистых зон в желудках разных типов строения: А – человека; Б – собаки; В – лошади; Г – свиньи; Д – жвачных ( а, а' – верхний и нижний мешки рубца, b – сетка, с – книжка, d – сычуг): 1 – пищевод, 2 – зона кардиальных желез (штрих), 3 – зона фундальных желез (черная), 4 – зона пилорических желез (прерывистый штрих), 5 – двенадцатиперстная кишка, 6 – свод желудка, 7 – пищеводная (безжелезистая) часть желудка (точки), 8 – дивертикул.



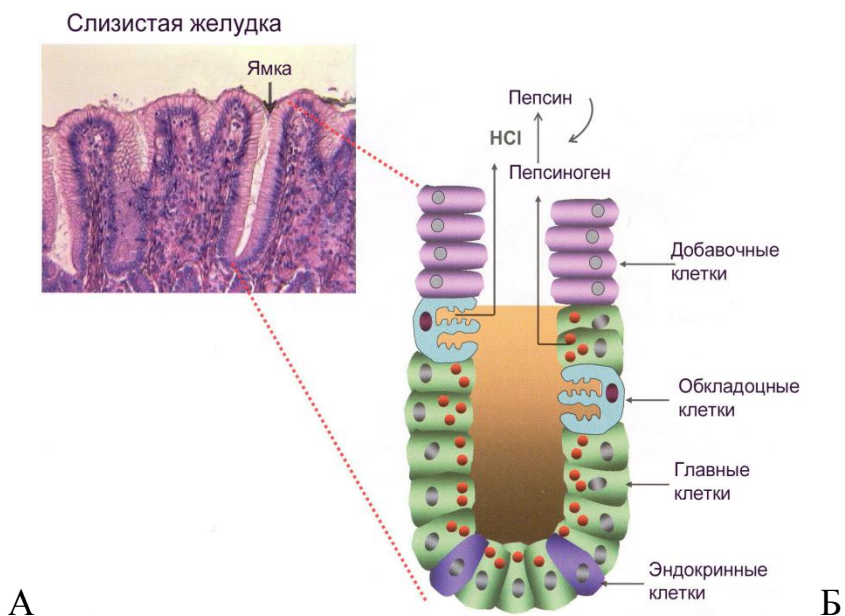


Рисунок 14. Строение пищеварительных желез желудка: А – гистологический срез слизистой желудка; Б – рисунок ямки слизистой с железистыми клетками

**Пищеварение в многокамерном желудке жвачных.** Самой большой камерой является рубец (rumen), вмещает до 150 литров и функционирует как естественный ферментер.

В слизистой преджелудков нет желез, вырабатывающих ферменты, однако около 65 – 80 % потребленных органических веществ под действием микроорганизмов подвергается в рубце различным превращениям и утилизации. Химическое переваривание корма в преджелудках осуществляется ферментами, выделяемыми микроорганизмами, а не самими животными. Среди них целлюлаза и геммицеллюлаза расщепляют клетчатку до глюкозы. За счет деятельности микробов, жвачные животные получают почти  $\frac{3}{4}$  питательных веществ и энергии, необходимых для их жизнедеятельности и образования продукции.

Биохимические процессы в рубце идут при участии анаэробных бактерий и простейших в меньшей степени микроскопических грибов и дрожжей. Концентрация бактерий достигает фантастических размеров –  $10^9 - 10^{11}$ , простейших  $10^5 - 10^6$  в 1 мл рубцовой жидкости.

Основной смысл существования симбиотной системы «макро организм – микро организм» состоит в том, что микроорганизмы, преобразуя питательные вещества кормов, съеденных жвачным животным, в вещества (белки, жиры, углеводы) собственного тела, сами становятся важнейшим источником питания для животного – хозяина. Корова еже-

дневно переваривает около 10 – 12 кг микроорганизмов, получая при этом от 1,5 до 2 кг микробного белка, состав которого отличается высокой биологической ценностью по содержанию незаменимых аминокислот. С бактериями поступает большое количество синтезированных в рубце витаминов группы В. Кроме того, жвачное – хозяин использует промежуточные и конечные продукты бактериальной ферментации, прежде всего, летучие жирные кислоты – уксусную, пропионовую и масляную в качестве основного источника энергии. Ежедневное поступление в организм животного ЛЖК составляет 4 – 5кг.

Переваривание кормов в рубце изучают на животных с фистулой рубца. Через установленную в фистуле канюлю помещают капроновый мешочек с кормом. После нескольких часов инкубирования определяют состав остатка в мешочке. Данный метод называется *in situ* (т.е. в себе), и широко применяется при определении переваримости питательных веществ в рубце (рис. 15).



Рисунок 15. Корова с установленной на рубец канюлей в области голодной ямки. Студенты зоофака Кубанского гос-агоруниверситета берут рубцовую жидкость для определения рН.

У животных с однокамерным желудком не вырабатываются собственные целлюлаза и гемицеллюлаза, поэтому они не способны переваривать клетчатку. У некоторых травоядных нежвачных животных, например, лошадей или кроликов, сильно развит толстый кишечник, в

котором, как и в рубце жвачных, происходит интенсивная микробная ферментация клетчатки, образующиеся летучие жирные кислоты используются в качестве источников энергии. У птиц в слепых отростках и свиней в толстой кишке, так же происходит расщепление некоторого количества клетчатки с помощью микроорганизмов.

Таблица 8. Объем отделов желудочно-кишечного тракта у разных животных

Животное	Ж.м., кг	Общий объем желудочно-кишечного тракта, л	Относительный объем, %		
			желудок	тонкий кишечник	толстый кишечник
Корова	600	260*	68	18	14
Лошадь	450	100-180	10	30	60
Овца (коза)	80	25-32*	65	23	12
Свинья	110	22-30	30	35	35
Собака	30	2-3	63	23	14
Кошка	4	0,4-0,6	66	18	16
Кролик	4	0,5-0,8	25	32	43

\* - 4 камеры

### Пищеварение в тонком кишечнике

У всех видов сельскохозяйственных животных тонкий отдел является самым длинным и основным участком для переваривания и всасывания питательных веществ. Он представлен тонкой кишкой, которая делится на двенадцатиперстную, тощую и подвздошную кишки. У млекопитающих она прикреплена к длинной брыжейке, сложена в многочисленные легкоподвижные завитки и петли. Длина тонкого отдела относительно длины туловища: кошка 1:4, собака 1:6, кролик 1:10, лошадь 1:12, свинья 1:14, крупный рогатый скот 1:20, овца, коза 1:25. Двенадцатиперстная и подвздошная кишки довольно короткие, на каждую из них приходится не более 5 % от общей длины тонкой кишки.

Поверхность слизистой тонкой кишки сильно (в 8 – 10 раз) увеличена за счет складок эпителиальной ткани и наличия ворсинок – пальцевидных выступов длиной 0,2 – 1мм, вытянутых в полость кишечника. Количество ворсинок – 20 – 40 штук на 1мм<sup>2</sup> поверхности. Ворсинки имеют два типа клеток: эпителиоциты, обладающие всасывательной функцией, бокаловидные энтероциты, вырабатывающие слизь. Площадь поверхности еще более (в 100 раз) увеличивается за счет микроворсинок высотой 2мкм на поверхности эпителиоцитов. Их количество составляет 80 – 120 штук на 1мм<sup>2</sup> площади ворсинок. Микроворсинки образуют на поверхности ворсинок слой, называемый «щеточкой».

В центре каждой ворсинки имеется лимфатический сосуд (синус). Между эпителием и синусом находятся тончайшие кровеносные

сосуды, нервы и гладкомышечные волокна, при сокращении которых ворсинка укорачивается

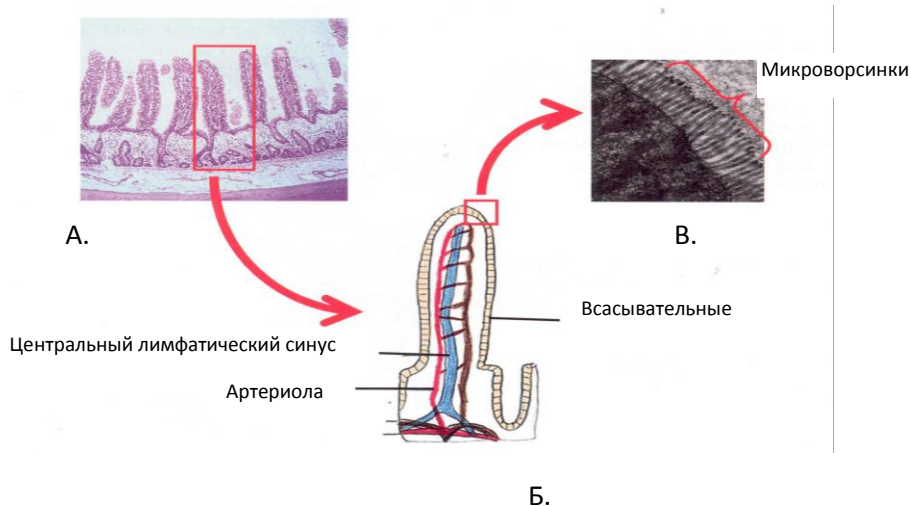


Рисунок 16. Строение стенки тонкой кишки: А – гистологический срез кишечной стенки; Б – схема ворсинки; В – гистологический срез стенки ворсинки.

Микроворсинки покрыты предмембранным образованием – гликокаликсом (скопление мукополисахардных нитей), которые выполняют роль молекулярного «сита». Он избирательно пропускает молекулы питательных веществ и является барьером для бактерий.

Корм в двенадцатиперстной кишке подвергается действию сока поджелудочной железы, желчи и кишечного сока.

В стенках тонкого кишечника имеются эндокринные клетки, вырабатывающие кишечные гормоны (гастрин, ХЦК-ПЗ, вилликинин, мотилин), действующие на моторику и выделение ферментов.

**Поджелудочный сок.** Поджелудочная железа (pancreas) вырабатывает поджелудочный (панкреатический) сок, который выводится в просвет двенадцатиперстной кишки. Количество поджелудочного сока, л/сутки: собака – 0,2 – 0,3; свинья – 7,0 – 8,0; лошадь – 7,5 – 8,5; корова – 7,0 – 7,5; овца – 0,5 – 0,6; кролик – 0,04 – 0,05. Реакция сока щелочная (pH = 7,2 – 8,5).

Панкреатический сок содержит ферменты и жидкую часть. Протеолитические ферменты: трипсин, химотрипсин, карбоксипептидазы А и Б, эластаза – гидролизуют белки и полипептиды до аминокислот; липолитические – липаза, фосфолипаза, щелочная фосфатаза; амилолитические –  $\alpha$ -амилаза – гидролизует крахмал до мальтозы.

**Кишечный сок.** Кишечный сок содержит ферменты: пептидазы (аминопептидазу, карбоксипептидазу). Они гидролизуют ди-, три-, тет-

рапептиды до аминокислот. Гликозидгидролазы – мальтазу, лактазу, сахаразу, которые гидролизуют дисахара до моносахаров- глюкозы, фруктозы и галактозы; нуклеазы – рибонуклеазу, дезоксирибонуклеазу, которые расщепляют нуклеиновые кислоты до мононуклеотидов, пентоз и фосфатов.

Таблица 9. Основные ферменты пищеварительного тракта, расщепляемые вещества (субстраты) и конечные продукты

Ферменты	Место образования	Субстрат	Конечные продукты	Замечания
1	2	3	4	5
Амилолитические				
Амилаза слюны	Слюна	Крахмал, декстрины	Декстрины, мальтоза	У жвачных отсутствует; в небольшом количестве выделяется у других видов животных
Панкреатическая амилаза	Поджелудочная железа (pancreas)	Крахмал, декстрины	Мальтоза, изомальтоза	Низкое у жвачных
Мальтаза, изомальтаза	Тонкий кишечник	Мальтоза, изомальтоза	Глюкоза	Низкое у жвачных
Лактаза	Тонкий кишечник	Лактаза	Глюкоза, галактоза	Высокая у молодых млекопитающих
Сахараза	Тонкий кишечник	Сахараза	Глюкоза, фруктоза	Нет у жвачных
Липолитические				
Липаза слюны	Слюна	Триглицериды	Диглицерид+ 1 жирн. кислота	Небольшое значение у молодых животных
Панкреатическая липаза	Поджелудочная железа	Триглицериды	Моноглицерид+ 2 жирн. кислоты	
Кишечная липаза	Тонкий кишечник	Триглицериды	Глицерин+ 3 жирн. кислоты	
Лектиназа	Поджелудочная железа, тонкий кишечник	Лецитин	Лизолецитин, свободные жирные кислоты	
Протеолитические				
Пепсин*	Желудочный сок	Белки	Протеозы, пептоны, полипептиды	Сгусток молока; гидролиз белка при кислом pH
Реннин*	-//-	Створаживание молока (казеина)	Са-казеинат	Важно для новорожденных
Трипсин*	Поджелудочная железа	Белки и продукты пенинового и реннинового переваривания	Пептиды с концевыми группами аргинина или лизина	
Химотрипсин	Поджелудочная железа	Белки, продукты пенинового и	Пептиды с концевыми группа-	

		реннинового переваривания	ми из ароматических аминокислот (фенилаланин, тирозин).	
--	--	---------------------------	---------------------------------------------------------	--

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
Эластаза	Поджелудочная железа	Белки, продукты пепсинового и реннинового переваривания	Пептиды с концевыми группами алифатических аминокислот (глицин, аланин, серин, треонин, валин, изолейцин, лейцин).	Важно для новорожденных
Карбоксипептидаза А	Поджелудочная железа	Пептиды с ароматическими или алифатическими аминокислотами	Небольшие пептиды, нейтральные аминокислоты, кислые аминокислоты.	Важно для новорожденных
Карбоксипептидаза В	Поджелудочная железа	Пептиды с концевыми группами лизина или аргинина	Основные (щелочные) аминокислоты	Важно для новорожденных
Аминопептидазы	Тонкий кишечник	Пептиды	Аминокислоты	Важно для новорожденных
Дипептидазы	Тонкий кишечник	Дипептиды	Аминокислоты	Важно для новорожденных
Нуклеазы	Поджелудочная железа Тонкий кишечник	Нуклеиновые кислоты	Нуклеотиды	Важно для новорожденных
Нуклеотидазы (РНК-аза, ДНК-аза)	Тонкий кишечник	Нуклеотиды	Пуриновые и пиримидиновые основания, фосфорная кислота, пентозные сахара	Важно для новорожденных

**Полостное и пристеночное (мембранное) пищеварение.** В тонком кишечнике наблюдается два типа гидролиза питательных веществ – полостной и мембранный (пристеночный) (Уголев А.М.).

Полостное пищеварение осуществляется в полости кишки за счет ферментов панкреатического и кишечного соков, а также желчи, выделяемых в просвет кишки, где они растворяются в химусе. При этом гидролизуются крупномолекулярные соединения с образованием олигоме-

ров, включающие простые пептиды из 2-4 аминокислотных остатков, дисахариды и др.

Второй тип – мембранный – происходит в околосмембранном слое (гликокаликсе), на поверхности и в самих мембранах микроворсинок кишечных эпителиоцитов. Образовавшиеся в результате гидролиза продукты (мономеры) транспортными средствами тех же мембран переносятся в кишечную клетку, а затем в кровь (рис. 16).

### **Всасывание продуктов гидролиза в тонкой кишке**

В результате механического и химического переваривания питательные вещества способны всасываться. Всасывание – это процесс, в результате которого вещества и ионы проникают через эпителиальные клетки слизистой и поступают в кровяное русло и лимфатическую систему. Около 90 % веществ всасываются в тонкой кишке и небольшое количество (10%) в желудке и толстой кишке. Всасывание происходит путем диффузии, облегченной диффузии, осмоса и активного транспорта.

**Всасывание моносахаридов.** Продуктами полостного и пристеночного пищеварения углеводов являются моносахара – глюкоза, фруктоза, галактоза. Фруктоза всасывается путем облегченной диффузии и поэтому может проникать через слизистую по концентрационному градиенту.

Глюкоза и галактоза всасываются в результате вторичного активного транспорта. Эти два сахара котранспортируются через апикальную (верхушечную) часть эпителиальной мембраны вместе с 2-мя молекулами  $\text{Na}^+$ . Так как  $\text{Na}^+$  и сахара движутся в одном и том же направлении, что является симпортом. В то время как транспорт через апикальную мембрану пассивный, движущие силы для такого движения происходят от  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -АТФазы, которая активно транспортирует  $\text{Na}$  из клетки.

Глюкоза, и  $\text{Na}^+$  могут, поэтому проходит по концентрационному градиенту из просвета кишечника в эпителиальные клетки. Попав внутрь клетки сахара, выходят (продвигаются) из клетки к базолатеральной мембране путем облегченной диффузии и входят в воротную вену.

**Всасывание аминокислот, дипептидов и трипептидов.** Ранее полагали, что только аминокислоты могут всасываться. Сейчас установлено, что ди- и трипептиды также активно всасываются в тонкой кишке. Некоторые аминокислоты проникают в эпителиальные клетки путем вторичной активной транспортной системы, подобно системе всасывания глюкозы и галактозы. Есть аминокислоты, которые используют натрий – независимый копереносчик, в который аминокислоты проникают вместе с ионом водорода ( $\text{H}^+$ ), вместо  $\text{Na}^+$ .

В этом случае  $H^+$  перекачивается в кишечную полость в обмен на  $Na^+$ .  $Na^+$  затем перекачивается из клетки с помощью  $Na^+-K^+-ATP$ азы на базолатеральную мембрану. Это создает высокий концентрационный градиент для  $H^+$  в полости кишечника. По мере того как  $H^+$  проникает в эпителиальные клетки слизистой, определенные аминокислоты соперносятся вместе с ним. Пептиды всасываются посредством такого же натрий-независимого котранспортера. Будучи внутри эпителиальной клетки пептиды гидролизуются до отдельных аминокислот, которые затем проникают путем диффузии в воротную вену.

**Всасывание липидов.** Поскольку липиды нерастворимы в воде, то всасывание липидов и транспорт внутри тела занимает уникальное положение в сравнении с углеводами и белками. В просвете тонкой кишки триглицериды расщепляются на жирные кислоты и моноглицериды. Желчные соли в кишечнике помогают эмульгировать липиды путем образования водорастворимых частиц (мицелл), которые помогают миграции липидов в химусе кишечника. Так как липиды являются жирорастворимыми, то мицеллы входят в контакт с стенкой кишки, моноглицериды и свободные жирные кислоты могут проникать в эпителиальную мембрану путем простой диффузии. Желчные соли, которые помогают образовывать мицеллы продолжают образовывать новые мицеллы далее по всей длине тонкого кишечника. По достижении илеума желчные соли реабсорбируются благодаря активному транспорту и вновь поступают в клетки печени. Это позволяет малому количеству желчных солей обеспечивать всасывание большого количества липидов.

Будучи внутри эпителиальных клеток, выстилающих кишку коротко-цепочные жирные кислоты, имеющие 12 углеродов, проходят в воротную вену подобно аминокислотам и моносахарам. Остающиеся триглицериды и моноглицериды ресинтезируются в триглицериды. Эти триглицериды соединяются с холестерином и белками, образованными в шероховатом эндоплазматическом ретикулуме, чтобы сформировать капельки, называемые хиломикронами. Фосфолипиды и холестерин, ориентированы в хиломикронах так, что их гидрофобные концы обращены внутрь капелек, а их гидрофильные концы обращены к поверхности, таким образом, делая эти капельки водорастворимыми. Белки, обнаруженные на поверхности хиломикронов стабилизируют структуру.

Хиломикроны секретируются в результате процесса экзоцитоза в межклеточную жидкость ворсинок. У млекопитающих эти хиломикроны затем проникают в центральный млечный канал, который является частью лимфатической системы и переносятся к грудному каналу, где они сливаются с венозной кровью левой подключичной вены. У птиц ретерифицированные липиды упаковываются в портомикроны. После исчезновения энтероцитов портомикроны поступают непосредственно в портальную (воротную) вену и поступают в печень.



Хотя всасывание жира внутрь эпителиальных клетках является пассивным процессом, однако, оно все же требует энергии. Желчные кислоты активно секретируются печенью и реэтерификация моноглицеридов и жирных кислот в триглицериды требует энергии.

### **Всасывание иммуноглобулинов молозива у новорожденных**

Образование антител в ответ на чужеродные вещества у новорожденных очень слабое. Однако тонкий кишечник телят, поросят, жеребят, в отличие от кишечника взрослых, способен всасывать крупные молекулы белка, в том числе, гамма-глобулины, которые являются антителами к чужеродным веществам (антигенам) – вирусам, бактериям и т.д., создавая у новорожденных пассивный иммунитет. Первая стадия всасывания молекул  $\gamma$ -глобулинов через кишечную стенку, происходит через мембрану между микроворсинками. Когда количество этих молекул достигает критической концентрации, происходит втягивание мембраны внутрь эпителиоцита и образование везикула, заполненной молекулами  $\gamma$ -глобулинов (рис. 17). Передвижение везикулов, называемых фагосомами, происходит в околоядерное пространство клетки. Здесь они срастаются с лизосомами, образуя большие вакуоли, называемые фаголизосомами. В них происходит переваривание белков. Часть молекул  $\gamma$ -глобулинов избегает разрушения и движется к базолатеральной мембране клетки. Здесь происходит экзоцитоз, и молекулы  $\gamma$ -глобулинов переходят в лимфатическую систему организма новорожденных.

Поглощающая  $\gamma$ -глобулины способность тонкого кишечника действует всего несколько дней после рождения, затем кишечник «запирается» чтобы не допустить попадания высокомолекулярных белков, способных вызвать аллергию.

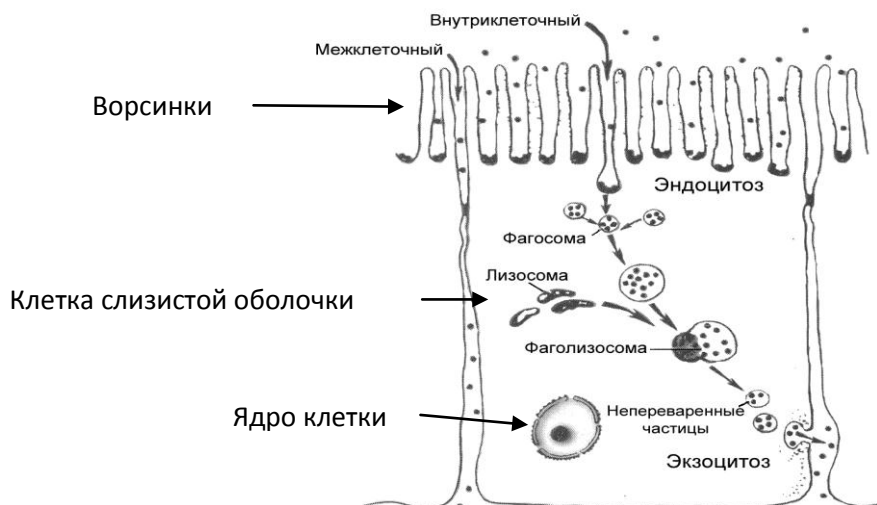


Рисунок 17. Механизм проникновения иммуноглобулинов молозива через клетки слизистой тонкого кишечника

## Особенности строения пищеварительного тракта и пищеварения у птиц

Морфологическими особенностями пищеварительного тракта птиц является:

- отсутствие зубов, наличие клюва, простая структура носоглотки, отсутствие надгортанника;
- наличие двух желудков - железистого и мышечного;
- наличие зоба или соответствующего ему расширения пищевода;
- короткий тонкий кишечник;
- хорошо развитые печень и поджелудочная железа, имеющие по 2-3 протока;
- наличие 2-х слепых отростков и клоаки, в которую открываются пищеварительный, половой и мочевой пути.

Пищеварительный тракт птицы приспособлен к быстрому и эффективному перевариванию концентрированных кормов с небольшим содержанием клетчатки.

**Переваривание в зобе.** Корм захватывается клювом, язык проталкивает к глотке, затем к выходу в пищевод. Встряхивание головой способствует продвижению корма. По предзобной части пищевода корм попадает в зоб (у гусей и уток вместо зоба – ампулообразное расширение пищевода).

Железы внутренней поверхности зоба выделяют слизь, не содержащую ферментов. Пищеварение в зобе идет за счет ферментов корма и бактерий, и в небольшом количестве, за счет амилалитических фермен-

тов слюнных желез, которые у птиц слабо развиты. В 1 г содержимого зоба до  $10^8$  клеток аэробных микроорганизмов и лактобацилл, имеются микроскопические грибки и дрожжевые клетки, рН содержимого зоба 4,5-5,5.

Микрофлора осуществляет протеолиз, липолиз и, особенно, амилолиз крахмала до мальтозы и глюкозы; последней - до молочной кислоты и немного до ЛЖК и алкоголя. Всего в зобе переваривается 15-20 % углеводов.

Протеолиз белка и липолиз жира в зобе составляет, примерно, 7-10 %. Моторика зоба начинается через 35-40 минут после приема корма и проявляется в виде периодических сокращений (10-12 в 1 час) продолжительностью 20-30 сек каждая, при давлении 8-12 мм.рт.ст.

**Пищеварение в желудке.** Из зоба кормовая масса по пищеводу поступает в железистый желудок – ампулообразное расширение пищеварительной трубки с утолщенными стенками. В слизистой оболочке находятся поверхностные железы типа крипт, в подслизистом слое – сложные альвеолярные железы, соответствующие железам фундальной части желудка млекопитающих - они вырабатывают желудочный сок и соляную кислоту. Концентрация соляной кислоты - от 0,2 до 0,5 %, рН чистого желудочного сока 1,4-2,0. Протеолитические ферменты – разновидности пепсина с разным оптимумом рН (от 1,0 до 4,0).

В желудочном соке нет химозина (реннина) и липазы. Кормовые массы из зоба проходят железистый желудок транзитом, почти не задерживаясь. Сок стекает вместе с кормом в мышечный желудок, где происходит основной процесс желудочного пищеварения. Количество сока 6-16 мл. на 1 кг живой массы в час, при этом в расчете на кг живой массы тела оно значительно выше, чем у млекопитающих (табл. 10). У птиц, как и у млекопитающих, действуют три фазы сокоотделения - сложнорефлекторная, желудочная, кишечная. В регуляции участвует блуждающий нерв, гастрин, гистамин. Наибольшей переваривающей силой обладает желудочный сок кур и индеек, наименьший – у гусей, у уток – средний.

Таблица 10. Секретция желудочного сока и ферментативная активность секрета

Показатели	Крыса (0,35 кг)	Курица (1,75 кг)	Свинья (75 кг)
Объем мл/кг массы/час	3,7	8,8	3,1
Концентрация соляной кислоты (мэкв/кг массы/час)	0,25	0,78	0,30
Общее количество пепсина ед/кг массы/час	2230	2430	900

**Мышечный желудок.** Орган дискообразной формы, соединенный с железистым желудком. Основа желудка – две пары мощных гладких мышц - главные и промежуточные. Внутри желудок покрыт твер-

дой кутикулой. Кутикула постоянно обновляется. В мышечном желудке корм механически перетирается с помощью гастролитов (гравия, песка, стекла). Белки гидролизуются под действием протеиназ железистого желудка. За 2-4 часа пребывания в мышечном желудке расщепляется до полипептидов 35-50 % протеина (рН содержимого 2,5-3,5).

Моторика: 2-4 сокращения в 1 минуту железистого и мышечного желудков. Давление в мышечном желудке до 100-160 мм.рт.ст.; регуляция моторики желудка птиц сходна с таковой у млекопитающих.

**Пищеварение в кишечнике птиц.** Принципиальных различий пищеварения в тонком кишечнике у птиц от млекопитающих нет. Гидролиз полостной и мембранный. Продолжительность пребывания химуса в тонком кишечнике – 1-2 часа.

У птиц хорошо развита поджелудочная железа. Имеется 3 панкреатических, 2 желчных протока, открывающихся общей папиллой в восходящее колено 12-ти перстной кишки.

Поджелудочный сок и желчь выделяются непрерывно. рН поджелудочного сока - 7,5-8,1; желчи 7,3-8,0. у взрослых кур выделяется в среднем 25 мл панкреатического сока и столько же желчи в расчете на 1 кг живой массы в час. Это выше, чем у других животных. В панкреатическом соке те же ферменты, что и у млекопитающих. Липаза гидролизует триглицериды, содержащиеся ненасыщенные жирные кислоты, что способствует образованию хиломикронов. В желчи обнаруживается липаза.

Особенностями кишечного пищеварения у кур являются:

отсутствие бруннеровых желез, и, следовательно, дуоденального сока;

- слабое развитие лимфатических цистерн в ворсинках и системы млечных лимфатических протоков (отсюда, всасывание липидов непосредственно в кровь);

- интенсивно протекающие процессы пристеночного пищеварения;

- количество отделяемого кишечного сока составляет не более 10 мл/ч на 1 кг массы тела; рН его 7-7,2.

В отличие от млекопитающих у птиц практически во всех отделах желудочно-кишечного тракта (кроме подвздошной кишки) реакция кислая или нейтральная. Слепые отростки выполняют функции расщепления клетчатки с участием микрофлоры, синтез витаминов группы В, (в частности витамин В<sub>12</sub>), всасывания воды, минеральных веществ.

### **Проверочные вопросы.**

1. Из каких компонентов состоят белки, жиры, структурные и неструктурные углеводы, в чем состоит сущность их переваривания.
2. Строение пищеварительного тракта.

3. Строение и типы желудков у разных видов сельскохозяйственных животных.
4. Состав желудочного сока, ферменты желудка и их действие. Роль соляной кислоты в пищеварении.
5. Строение многокамерного желудка жвачных, значение камер преджелудка.
6. Процессы микробного расщепления и биосинтеза белков, распада углеводов (крахмала, целлюлозы, ? целлюлозы), жиров в рубце.
7. Микрофлора рубца и ее роль в пищеварении жвачных.
8. Строение тонкого кишечника, кишечный сок, ферменты слизистой тонкого кишечника.
9. Поджелудочный сок, ферменты поджелудочного сока.
10. Почему для расщепления белков существует много разных ферментов.
11. Биохимический механизм активации протеолитических ферментов.
12. Механизмы всасывания продуктов гидролиза в тонкой кишке.

## Переваримость кормов

Определение переваримости позволяет оценить количество питательных веществ, поступивших в организм животных, энергитическую, белковую, аминокислотную питательность корма.

### Методы определения переваримости

**Продолжительность опытов.** Каждый опыт по переваримости складывается из двух периодов – подготовительного и учетного. Продолжительность предварительного периода для свиней и птиц 5-7 дней, для жвачных животных – 2 недели с тем, чтобы лучше избавиться от остатков ранее принимаемого корма. Кроме того, предварительный период необходим для адаптации животных к изучаемому корму и к условиям эксперимента. Важно за предварительный период установить количество поедаемого корма каждым животным и придерживаться этого уровня в опытный период. Продолжительность учетного периода для жвачных 7-10 дней, для свиней и птиц 6-8 дней.

**Технические средства.** Самой главной задачей опыта по определению переваримости, является точный учет съеденного корма и выделенного кала. Это достигается ежедневным их взвешиванием. Для получения надежных показателей на опыт ставят не менее 3 коров или откармливаемых бычков, 4-5 свиней, 5-7 кур одной породы, одинакового возраста, живой массы, хорошего здоровья и спокойного нрава, для индивидуального учета корма и кала. Точность результатов будет тем выше, чем больше животных будет в опытной группе.

Некрупных животных (молодняк свиней, телята, овцы) помещают в специальные, так называемые, балансовые клетки, оборудованные кормушкой и поилкой, трапом в полу для стекания мочи, с подвижными с боков и сзади перегородками для фиксации животного в соответствии с его размерами.

На коровах и бычках опыты по переваримости чаще всего проводят в станках с решетчатым полом, через который проходит моча, кал, попадает в специальные контейнеры. При проведении опыта в условиях товарной фермы требуется постоянное нахождение дежурного, который вовремя подставляет ковш для сбора кала.

В опытах с валухами можно обходиться без клеток, используя торбу для корма и каловый мешок из брезента, клеёнки или резины. Коровам устанавливают с помощью ремней резиновые мешки для сбора кала и специальные устройства для отвода мочи. Подобные устройства используют для овцематок (И.С. Попов, Методика зоотехнических опытов, 1966 г.).

**Учет выделений.** Учет кала на жвачных начинают через 1-2 дня от начала кормления изучаемым кормом, затем учитывают количество кала в течении намеченного периода и заканчивают через 1-2 дня после кормления этим кормом. При этом важно кормить животных каждый день в одно и то же время, не изменяя при этом количество задаваемого корма. Из общего количества ежедневно собранного кала отбирают среднюю пробу, обычно 10% , на каждые 100 г сырого кала добавляют 0,5 мл 0,2 % HCl для связывания аммиака и добавляют несколько кристаллов тимола или капле формалина для предупреждения действия бактерий. Кал сушат при температуре 60°C. Общую пробу сухого кала подвергают зоотехническому анализу.

Переваримость грубого корма определяется сравнительно просто, так как его можно давать жвачным в качестве единственного компонента.

**Пример №1. Определение переваримости сена.** В таблице 5 дан пример опыта по определению переваримости сена из суданской травы. После 14 дней предварительного периода в течение 10 дней проводят учет съеденного корма и выделенного кала от 3 овец. Расчеты:

1. Среднесуточное потребление сена на голову составило 1,92 кг (при влажности сена 15% 1632 г СВ), выделение кала 1700г (при влажности кала 57% 731 г СВ). сено и кал проанализировали на содержание белка, жира, НДК, КДК. Неструктурные углеводы (НСУ) по разнице: 1000 – (СП г/кг+СЖ г/кг +СЗ г/кг+ НДК г/кг).

2. По данным химического анализа делают расчеты потребления с кормом и выделение с калом каждого питательного вещества, по их разности рассчитывают количество переваренных веществ.

3. Коэффициент переваримости определен как отношение количества переваренного вещества к потребленному. Например, для сухого вещества:  $0,731:1,63=0,55$ ; в процентах  $(0,731:1,63) \times 100=55\%$ .

Уравнение расчета коэффициента переваримости:

$$\text{Коэфф. перевар.} = \frac{\text{Питат. в-во корма} - \text{Питат. в-во кала}}{\text{Питат. в-во корма}}$$

$$\text{То же в \%} = \frac{\text{Питат. в-во корма} - \text{Питат. в-во кала}}{\text{Питат. в-во корма}} \times 100$$

Таблица 11. Химический состав корма и кала

Показатели	Сухое вещество, %НВ	протеин	жир	НДК	КДК	НСУ
Сено суданка	85	125	29	577	368	200
Кал	36,2	143	26	501	370	154
Расчет коэффициентов переваримости						
Принято, г	1632	203	48	932	601	326
Выделено в кале, г	731	105	19	366	270	113
переварено	901	98	29	566	331	213
Коэффициент переваримости	0,55	0,48	0,59	0,61	0,55	0,65
То же, %	55	48	59	61	55	65

## Пример №2. Определение переваримости отрубей

Когда необходимо определить у жвачных животных переваримость концентратов в составе рациона, нужно скармливать грубый корм (сено, сенаж и силос) в качестве основного компонента рациона, концентрат как добавку к нему, или взамен части грубого корма. Расчеты переваримости питательных веществ отдельного корма можно выразить уравнением:

$$\text{Кэфф О} = \frac{\text{П в-во О} - (\text{П в-во в кале} - \text{П в-во в кале С})}{\text{П в-во О}}$$

где **П в-во О** – содержание питательного вещества (СВ, СБ, СЖ или других) – в съеденной порции отрубей;

**П в-во в кале** – содержание питательного вещества в выделенном овцами кале;

**П в-во в кале С** – питательное вещество, выделенное в кале за счет сена, которое рассчитывается по коэффициентам переваримости предыдущего опыта.

Заменяем 0,4 кг сена в рационе овец на 0,4 кг отрубей. Суточный рацион 1,52 кг сена + 0,4 кг отруби. Сначала определяют переваримость сена (см. пример №1), затем на тех же животных сено+отруби. Чтобы определить количество переваренных веществ отрубей, сначала рассчитывают количество переваренных веществ сена по коэффициентам переваримости 1 опыта, затем это количество вычитают из общего количества переваренных веществ в рационе (сено+отруби), полученная разница представляет количество переваренных веществ отрубей (таблица 12).

## Сумма переваримых питательных веществ

Расчет суммы переваримых питательных веществ. Данные по переваримости питательных веществ используют для расчета – суммы переваримых питательных веществ. СППВ рассчитывается в г/кг. И в процентах сухого вещества корма, при этом содержание сырого жира умножают на 2,25, так как его энергетическая емкость в 2,25 раз выше таковой углеводов. Зная содержание питательных веществ в СВ корма, коэффициенты их переваримости, можно рассчитать СППВ, например для сена по данным таблицы 11:

$$\text{СППВ} = 125 \times 0,48 + 29 \times 0,59 \times 2,25 + 557 \times 0,61 + 200 \times 0,65 = 580 \text{ г/кг СВ (58\%)}$$

## Определение переваримости у птиц

Для птиц определение переваримости усложняется тем обстоятельством, что у них кал смешивается с мочой в клоаке и выходит в виде помета. Использование оперированной птицы с самостоятельными выходами мочи и кала так же имеет место в опытах по переваримости.



Однако есть сложности, заключающиеся в том, что у оперированной птицы кал долго остается в прямой кишке, подвергаясь процессам брожения, что не желательно, а каловые массы часто образуют пробки, которые приходится удалять искусственно.

Таблица 12. Состав корма и кала, г/кг СВ

Показатели	Сухое в-во % НВ	Протеин	Жир	НДК	КДК	НСУ
Сено	85	125	29	577	368	200
Отруби	89	173	43	425	155	296
кал	35,7	128	27	489	337	171
Принято, г						
Сено	1292	162	37	745	475	258
Отруби	356	62	15	151	55	105
всего	1648	224	52	896	530	363
Выделено с калом, г						
всего	706	90	19	345	238	121
Переварено, г						
Всего	942	134	33	551	292	242
В т.ч. за счет сена	711	78	22	454	261	168
В т.ч. за счет отрубей	231	42	9	97	31	74
Коэффициенты переваримости						
Отруби	0,65	0,68	0,60	0,64	0,57	0,70
То же, %	65	68	60	64	57	70

### Другие методы определения переваримости

**Индикаторный метод.** В условиях, когда отсутствует необходимое оборудование и невозможно провести индивидуальный учет потребления корма и выделенного кала, или в условиях группового кормления животных, применяют методы инертных индикаторов, которые совершенно не всасываются в желудочно-кишечном тракте. Чаще всего для этого используют окись хрома –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , в которой 68,4% приходится на хром. В опытах на курах и свиньях его вводят в комбикорм в количестве 0,2-0,3% (2-3 г/кг СВ комбикорма). Его растворяют в растительном масле и тщательно перемешивают с кормом. Окись хрома имеет зеленый цвет, поэтому индикатор хорошо виден по зеленоватому цвету кала. В опытах на свиньях в течении 4-5 дней в станке отбирают средние пробы кала, желательно иметь для анализа пробы за каждый день в которых на атомно-адсорбционном спектрофотометре определяют концентрацию Cr. Зная концентрации питательных веществ в корме и кале, переваримость сухого вещества и его компонентов рассчитывают по уравнению:

Уравнение расчета:

$$\text{Переваримость, \%} = 100 - \left( 100 \times \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ \% корма}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 / \text{кал}} \times \frac{\text{пит. в-во, \% кал}}{\text{пит. в-во, \% корм}} \right)$$

**Пример №3. Определение переваримости сухого вещества и питательных веществ методом инертного индикатора Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.**

В расчете на сухое вещество корма ввели 0,2 % Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, чистого хрома без O<sub>2</sub> 0,1368%. В 1кг сухого вещества кала определили 6,84г Cr или 0,684%.

Таблица 13. Состав корма и кала, % СВ

Показатели	СВ	СБ	СЖ	НДК	КДК	Cr
Корм	100	15,6	3,97	13,4	64,4	0,1368
Кал	100	16,0	4,20	28,0	12,9	0,684

В качестве примера рассчитаем переваримость сырого белка:

$$\text{СБ\%} = 100 - \left( 100 \times \frac{0,1368}{0,684} \times \frac{16,0}{15,6} \right) = 100 - (100 \times 0,2 \times 1,026) = 100 - 20,52 = 79,48 \approx 79,5\%$$

Подобным образом рассчитывают переваримость всех питательных веществ. Метод весьма удобный в условиях производственных испытаний.

### Переваримость у жвачных

Между жвачными и нежвачными животными есть очень большая разница при оценке переваримости кормов. Если у животных с однокамерным желудком в тонкий кишечник поступает пищевая масса практически идентичная составу съеденного корма, то у жвачных она сильно отличается. Это происходит потому, что почти 70% сырого белка корма расщепляется бактериями до свободных аминокислот и аммиака. Поэтому, сырой белок, поступающий в тонкий кишечник, состоит на 65 – 70% из синтезированного в рубце микробного белка, аминокислотный состав которого существенно отличается от кормового, поедаемого жвачными. Только 30 – 35% его составляет нераспавшийся в рубце белок корма (НРБ). В кишечник поступает всего 15 - 20% крахмала и около 30-50% клетчатки от потребленных с кормом. Остальная часть этих углеводов в рубце переработана бактериями до летучих жирных кислот, которые всасываются в преджелудках и поступают в организм, минуя тонкий кишечник. Вывод: определять переваримость белка и аминокислот у жвачных по разнице между их количеством в корме и кале совершенно бессмысленно. В настоящее время определение переваримости питательных веществ в рубце жвачных проводят методом *in situ*.

В опытах со жвачными в качестве индикатора может быть лигнин самого корма или непереваримая зола, главным образом, силициум.

Таблица 14. Метод *in situ* для определения рубцовой переваримости белка у молочных коров

показатели	рекомендации
Рацион	
Тип	Типичный состав: СВ, СБ, НДК, СЗ
Уровень кормления	Обычный, надо знать ПСВ и рН <sub>рубца</sub>
Частота кормления	2 раза в день, не кормить вволю
Оценка кормов:	
Химанализ	Минимум: СВ, СБ, НДК, СЗ
Физическая характеристика	Обработка кормов: t°, время
Технологическая подготовка образца	2 мм сито на мельнице
Характеристика мешочка:	
Материал	Полистирол
Размер пор	От 40 до 60микрон (μ)
Процесс инкубации:	
Количество животных	2, данные о живой массе
Количество дней	2
Количество повторностей	1
Предварительное смачивание	Рекомендуется
Положение в рубце	Вентральный рубец
Помещение в рубце/ изъятие из рубца	Удалять одновременно
Время инкубации, час	0,2,4,8,16,24,48 (72 часа для грубых кормов)
Промывание	(5 раз, 1 минута/промывку)
Стандартный образец	рекомендуется
Микробная коррекция (поправка)	требуется
Математическая модель	нелинейная

### Метод определения переваримости органического вещества *in vitro*

Проведение опытов по переваримости непосредственно на животных процесс трудоемкий, поэтому предложены лабораторные методы *in vitro*, которые воспроизводят, насколько это возможно, условия переваривания в желудочно-кишечном тракте.

Переваримость корма для жвачных может быть измерена достаточно точно *in vitro* путем инкубации сначала в рубцовой жидкости, взятой у фистулированных животных и затем пепсином. В период первой стадии двух стадийного метода *in vitro* мелко размолотый образец инкубируют в течение 48 часов в рубцовой жидкости в колбе в анаэробных условиях. Во вторую стадию бактерий убивают путем подкисления соляной кислотой до рН=2 и затем перевар (вместе с недопереваренными белками) инкубируют пепсином в следующие 48 часов. Нерастворимые остатки отфильтровывают, высушивают и сжигают для определе-

ния зола. Органическое вещество определяют путем вычитания зола из навески корма и рассчитывают переваримость органического вещества.

Используемая рубцовая жидкость действует на переваривание не одинаково, поскольку её активность зависит от рациона, который поедает жвачное животное. В попытке получать более воспроизводимые данные рубцовую жидкость заменяют препаратом целлюлазы грибного происхождения. После инкубации в среде с пепсином на второй стадии остаток инкубируют в среде с целлюлазой.

### **Определение переваримости белка *in vitro***

Метод применяется для определения переваримости белка концентратов. Навеску 1г обезжиренной тонкомолотой муки зерна помещают в склянку емкостью 50-100 мл и добавляют солянокислый раствор пепсина (1,5 мг кристаллического пепсина растворяют в 15 мл 0,1н HCl, pH=1,2), что приблизительно моделирует условия ферментативного гидролиза в желудочно-кишечном тракте моногастричных животных. В склянку также добавляют 1 мл толуола в качестве антисептика. Инкубацию проводят в течении 3ч при +37°C при постоянном перемешивании и диализе против 0,1н HCl через целлофановую мембрану. После пепсинового гидролиза в емкость добавляют 7,5 мл 0,2н NaOH, чтобы довести pH до 8. Далее добавляют 7,5 мл раствора панкреатина в фосфатном буфере ( 4 мг панкреатина растворяют в 7,5 мл фосфатного буфера). Содержимое инкубируют в течение 24 часов при +37°C также при постоянном перемешивании и диализе против фосфатного буфера через целлофановую мембрану. Непереваренные белки осаждают 10% сульфосалициловой кислотой (50 мл) смесь центрифугируют, выпаривают.

### **Кажущаяся и истинная переваримость**

Определение количества переваренных веществ по разнице - потребленные вещества минус выделенные в кале - не дает точного представления о переваримости корма. Во-первых, вопрос состоит в том, что метан, образованный у жвачных животных в рубце в результате ферментации углеводов, отрывается во внешнюю среду и не используется. Эти потери приводят к завышенным показателям переваримости углеводов и качества переваримой энергии. Академик А.П. Калашников и профессор В.В. Щеглов рекомендовали энергию газов вместе с энергией кала минусовать из валовой энергии для определения переваримой энергии.

Во-вторых, и это более весомо, не весь кал представляет действительно переваренные остатки корма. Значительную часть фекалий составляют остатки пищеварительных соков, отслоений клеток слизистой желудочно-кишечного тракта, альбуминов и глобулинов плазмы

крови, микробы, т.е. материалы, относящиеся не к потребленному корму (т.е. экзогенным), а телу животных (эндогенным веществам).

Эти материалы в основном состоят из азотсодержащих веществ (белков, нуклеиновых кислот), их называют фекальным метаболическим или эндогенным азотом.

Эндогенные вещества составляют большой удельный вес общего белка желудочно-кишечного тракта. Независимо от условий питания, белки клеток слизистой пищеварительного тракта постоянно деградируются, поступают в просвет кишечника и выводятся с калом. Даже при полном голодании скорость обновления белков тонкой кишки составляет 57-73% в сутки. Есть данные о непрерывной утечке белков плазмы в просвет кишечника и что 10-20% альбуминов плазмы крови деградируются в кишечнике.

Результаты исследований о количестве метаболического азота весьма противоречивы, что связано с особенностями рационов в разных исследованиях. На фистулированных поросятах установлено, что на долю метаболического азота приходится 15% от потребленного. Помимо азота в фекалиях содержится много минеральных веществ, в частности, кальция, фосфора, магния и железа эндогенного происхождения. В других опытах установлено, что количество обменного азота в кале свиней, крыс, собак и человека колеблется в пределах 0,20-0,25 г, у жвачных животных в пределах 0,5-0,6г на 100г сухого вещества рациона. Последнее значение составляет 4% белка рациона.

Таким образом, определение переваримости без учета эндогенного азота приводит к недоопределению истинного количества переваренных веществ корма, получая при этом коэффициенты кажущийся переваримости.

### **Методы определения истинной и кажущейся переваримости белка**

Для определения истинной переваримости азота (белка) необходимо из азота кала исключить эндогенный азот. Его количество определяют в опытах, где животным дают безбелковый рацион, состоящий из кукурузного крахмала, растительного масла, сахара, всех необходимых витаминов, макро- и микроэлементов. Долго на таком рационе животных держать нельзя (не более 5-7 дней), так как без белка они могут погибнуть. Поэтому в экспериментальной практике стали использовать рацион с минимальной (5-7%) добавкой хорошо переваримого белка (сублимированное мясо), гидролизатов казеина или смеси кристаллических аминокислот.

Кажущуюся переваримость азота рассчитывают по уравнению:

$$N \text{ каж.}, \% = \frac{N_{\text{к}} - N_{\text{кл}}}{N_{\text{к}}} \times 100$$

Истинная переваримость:

$$N_{\text{ист.}, \%} = \frac{N_{\text{к}} - N_{\text{кл}} - N_{\text{к бб}}}{N_{\text{к}}} \times 100$$

где, N<sub>бб</sub> – азот, выделенный с калом на безбелковом рационе.

В наших опытах на свиньях установлено, что количество эндогенного (метаболического) азота зависит от уровня кормления и аминокислотной сбалансированности (таблица). Количество эндогенного азота от потребленного составляло на рационах с высоколизиновой (ВЛ) кукурузой 5,4-7,1% с обычной (ОБ) существенно больше – 10,0-10,8%, в кале соответственно 26,0-40,0 % и 37,9-45,0%. Коэффициенты истинной переваримости, как правило, выше кажущийся, при этом разница в показателях истинной переваримости между ВЛ и ОБ кукурузами сокращается.

Таблица 15. Кажущаяся и истинная переваримость азота у свиней при ограниченном кормлении и вволю высоколизиновой и обычной кукурузой

Показатели	Нормированное		Вволю	
	ВЛ	обычная	ВЛ	обычная
Потребление корма, кг/гол./день	1,8	1,8	2,15	1,53
Потреблено азота, г	30,8	27,1	36,8	23,1
Выделено N с калом, г	5,5±0,21	6,0±0,35	7,7±0,60	6,6±0,33
Выделено N на безбелковом рационе, г (эндогенный N)	2,2±0,21	2,7±0,3	2,0±0,13	2,5±0,13
То же, % от Nкорма	7,1	10,0	5,4	10,8
Экзогенный азот (Nкал-Nэнд.), г	3,3	3,3	5,7	4,1
То же, % от N	60,0	55,0	74,0	62,1
Эндогенный N, %	40,0	45,0	26,0	37,9
Переваримость кажущаяся, %	82,1±1,1	77,9±2,5	79,1±1,4	71,0±5,2
Переваримость истинная, %	89,3±1,0	87,7±3,1	84,6±1,6	82,4±5,3

### Переваримость минеральных веществ

Эндогенные потери многих минералов, в частности, Ca, P, Mg, Fe с фекалиями весьма значительны. Они появляются в результате секреции в пищеварительный тракт, из которого не реабсорбируются. Например, у жвачных количество фосфора, секретлируемое через слюну, бывает выше, чем количество фосфора, присутствующее в корме. Фекалии могут вытягивать минералы из организма, которые всосались в избыточном количестве и поэтому должны быть экскретированы.

По этой причине определение кажущейся переваримости минералов не представляет какого-либо значения. Для минералов важно определить истинную переваримость. Для этого необходимо уметь определить в фекалии ту часть минералов, которые поступили из тела

(эндогенных). Такое разделение возможно с помощью радиоактивно меченых изотопов минеральных веществ. В практической деятельности о доступности минеральных веществ и оптимальном их уровне в рационе судят по их концентрации в сыворотке крови.

### **Переваримость в разных отделах пищеварительного тракта**

Знание особенностей переваривания в разных участках пищеварительного тракта позволяет лучше понимать судьбу компонентов в процессе пищеварения. Например, углевод, такой как крахмал, может ферментироваться в рубце жвачных до ЛЖК и может перевариваться в тонком отделе до глюкозы.

Изучение переваримости в разных отделах пищеварительного тракта делают на каниюлированных животных. У жвачных каниюли устанавливают на рубец, 12-и перстную кишку (duodenum) и терминальный участок подвздошной кишки (ileum). Это позволяет изучать процессы ферментации в рубце, измерить переваримость на участках между желудком, тонким и толстым кишечником, определить сколько переварилось сахара, крахмала, белка, небелковых азотсодержащих веществ, в каких отделах и в каком количестве они всосались. Так, кормовой белок может переходить в сычуг и дальше в тонкий кишечник в нераспавшемся виде, т.е. избежать микробной деградации, или, наоборот, покидать рубец в виде микробного белка синтезированного в результате его деградации в рубце. Судьбу белка (N) рациона можно определить путем сбора химуса из смежных участков пищеварительного тракта.

### **Метод подвижных мешочков**

Другая техника изучения переваривания корма в отделах пищеварительного тракта состоит в использовании небольших мешочков (2,5x5см) из полистирола, подобных, как в методе *in situ*. В него помещают образец корма 0,5-1г и вводят через каниюлю, например, дуоденум и извлекают через вторую каниюлю, например, в терминальной части и илеума ( на уровне илеоцекального сфинктера). Разницу количеств питательных веществ между этими участками берут для расчета переваримости и всасывания. Установка T-образных каниюль у свиней в терминальном илеума применяется для получения так называемой илеальной переваримости аминокислот.

### **Факторы, влияющие на переваримость**

**Химический состав корма.** Переваримость корма зависит от химического состава. Разные зерновые корма, которые не сильно различаются по составу, имеют близкую переваримость питательных веществ. Состав и переваримость грубых кормов может существенно изменяться в зависимости от сроков вегетации, технологии их заготовки в

виде сена, силоса, сенажа. Клетчатка- одна из главных причин снижения переваримости, которая зависит от степени лигнификации клеточных стенок. Содержимое клетки представляющее белки, крахмал, сахар, жиры почти полностью переваривается (истинная переваримость=100%).

Переваримость корма может снижаться из-за дефицита или избытка питательных веществ. Например, дефицит в рубце жвачных амиака или его избыток будут ограничивать рост бактерий. Высокое содержание кремния в рисовой соломе и танины, трипсиновый ингибитор существенно понижают переваримость.

Переваримость рациона зависит от ассоциативного эффекта. У жвачных переваримость смешанного корма (сено+концентраты) меньше ожидаемой средней переваримости. На смешанном рационе быстрая ферментация крахмала до ЛЖК снижает рН рубцового содержимого до 6 или ниже, в результате снижается активность целлюлозолитических микроорганизмов и переваримость клетчатки.

**Технология переработки кормов.** Чтобы повысить переваримость зерна злаков у крупного рогатого скота желательно его раздробить или расплющить, иначе оно пройдет через пищеварительный тракт целым. Овцам и лошадям можно давать зерно овса и ячменя целым, так как они его хорошо пережевывают.

Прессование сена в рулоны и тюки, резка не имеют большого значения на переваримость. Однако мелкое измельчение сухой массы, за которым следует гранулирование заметно влияет на переваримость. Сенная или травяная мука проходят через рубец быстрее, чем длинное сено или резка. Поэтому размол снижает переваримость клетчатки почти на 20%, а в целом сухое вещество на 7-15%. Обработка соломы растворами щелочей (NaOH или NH<sub>4</sub>OH) улучшает переваримость сухого вещества на 30-40%.

Температурная обработка путем нагревания или микроволнового излучения («микронизация») зерновых кормов способствует незначительному повышению переваримости. Тепловая обработка эффективно действует на повышение переваримости в результате нейтрализации антипитательных веществ – трипсиновых ингибиторов, гемагглютининов, присутствующих в семенах сои, вики, картофеле.

**Виды животных.** Разные виды животных переваривают одно и то же питательное вещество неодинаково. Большие различия наблюдаются между моногастричными и жвачными животными по переваримости грубых кормов. Концентрированные корма свиньи и КРС переваривают почти в равной мере. Не будет серьезных ошибок, если коэффициенты переваримости, полученные в опытах на овцах используют при расчетах рационов для КРС. В серии исследований датского профессора Б.Эггума была показана практически идентичность коэффициентов переваримости сухого вещества, белка и других питательных веществ



зерновых и белковых кормов у крыс и свиней. Поэтому оценка кормов на белых крысах дает возможность с меньшими затратами получать надежные результаты.

**Уровень кормления.** Увеличение количества потребляемого корма животными вызывает повышение скорости продвижения химуса по пищеварительному тракту и снижение переваримости. Это особенно заметно для медленнопереваримых компонентов кормов, прежде всего их клеточных стенок. Изменение переваримости, а, следовательно, и энергетической ценности кормов под воздействием уровня потребления корма необходимо учитывать при оценке кормов и балансировании рационов. Поэтому уровень кормления молочных коров в рекомендациях западных стран выражают в кратных количествах энергии, потребной на поддержание, принятого за единицу – 1 (т.е. количеству, которое обеспечивает сохранение массы тела без потери и прироста), например, для лактирующих коров в 3-4 кратном количестве единиц поддержания. Уровень кормления коров на каждую единицу поддержания на полнорационных кормосмесях (смесь сена, силоса и концентратов) приводит к снижению переваримости на 0,02-0,03 единицы (2-3 абс процента). Это означает, что коэффициент переваримости сухого вещества на типичном рационе для коров при 3-х кратном поддерживающем корме может снижаться с 0,75 до 0,70 (с 75 до 70%) соответственно снижается и энергетическая емкость корма. Это учитывается при установлении содержания обменной и чистой энергии кормов.

Значительное снижение переваримости с увеличением уровня кормления особенно ярко наблюдается с молотыми и гранулированными грубыми, а так же некоторыми волокнистыми подобными продуктами (сухой жом, яблочные выжимки).

У нежвачных животных уровень кормления относительно поддерживающего имеет свою специфику: у птиц 2-3 кратное, растущих свиней 3-4 кратное, у лактирующих свиноматок 4-6 кратное. Действие повышения уровня кормления на снижение переваримости у этих видов животных менее заметно.

#### **Проверочные вопросы.**

1. Что понимают под переваримостью корма? Напишите уравнение расчета коэффициента переваримости.
2. Какие питательные вещества получают в процессе переваривания белков, жиров, углеводов и клетчатки (назовите ферменты, их расщепляющие)?
3. Какие методы применяются для определения коэффициентов переваримости питательных веществ корма и технология их проведения?
4. Как влияют клетчатка, наличие ингибиторов на переваримость кормов? Какие ингибиторы содержатся в сырых соевых бобах?

5. Какие технологические способы применяют для повышения переваримости кормов?
6. Как определить сумму переваримых питательных веществ (СППВ).
7. Какой азот кала называется эндогенным и экзогенным? Как их определяют?
8. Напишите уравнения определения кажущейся и истинной переваримости азота (белка).
9. Что означает переваримость *in vivo*, *in vitro*, *in situ*, *in sacco*.

## Энергитическая ценность кормов

### Обмен энергии

Энергия может быть определена как способность делать работу. Существуют разные формы энергии: химическая, электрическая, лучевая. Все они взаимопревращаемы. Лучевая энергия солнца используется зелеными растениями, чтобы произвести сложные растительные вещества и запастись ими. Растения потребляются животными и эти вещества разрушаются (расщепляются), освобождая энергию, которая используется животным для механической работы, передвижения, для поддержания энергетики клеточных мембран, для синтеза и производства тепла в холодных условиях. Традиционно тепловые единицы используются для восполнения разных форм энергии, включенных в метаболизм, так как все формы конвертируются в тепло.

Химические реакции, которые происходят в организме животных, сопровождаются изменениями в системе энергии. Та часть изменения энергии, которая становится доступной, чтобы делать работу, называется свободной энергией, обозначается  $\Delta G$  как изобарно-изотермический потенциал или энергия Гиббса. Живая клетка в любой момент имеет одинаковую температуру, то есть изотермична, и имеет практически одинаковое давление, т.е. изобарична. Когда  $\Delta G$  является отрицательной ее называют экзергонической и происходит спонтанно, когда  $\Delta G$  большая и отрицательная, то реакция развивается почти до полного завершения. Когда  $\Delta G$  положительная, то реакция называется эндергонической и свободная энергия должна поступать в систему в том порядке, как идет реакция. Когда  $\Delta G$  большая и положительная, имеется незначительная тенденция для осуществления реакции. Большинство реакций синтеза веществ в теле животных являются эндергоническими и потребная энергия, для их осуществления получается из экзергонических катаболических реакций. Перед тем как освобожденная энергия в результате этих изменений может быть использована для синтеза или других жизненных процессов, связь между ними двумя должна быть установлена. Это обеспечивается с помощью промежуточных веществ, которые принимают участие в обоих процессах, забирая энергию из одного и перенося ее другому. Типичными веществами являются аденозинтрифосфат (АТФ), гуанозинтрифосфат (ГТФ), цитидинтрифосфат (ЦТФ) и уридинтрифосфат (УТФ). Наиболее важным из этих нуклеотидов является АТФ. Аденозин образуется из пуринового основания аденина и сахара D-рибозы. Фосфорилирование гидроксильной группы при 5-ом углеродном атоме сахара дает аденозинмонофосфат (АМФ), последующее присоединение фосфатного остатка дает АДФ и затем трифосфата (АТФ). При таких реакциях в клетке АТФ

функционирует в комплексе с магнием (Mg). Добавление последних двух фосфатных связей требует значительных затрат энергии, которые могут быть получены непосредственно путем реакции АМФ или АДФ с энергетически богатыми материалами. Например, при распаде углеводов на одной из ступеней происходит превращение фосфоэнолпирувата в пируват, что обеспечивает образование одной молекулы АТФ, полученной из АДФ.

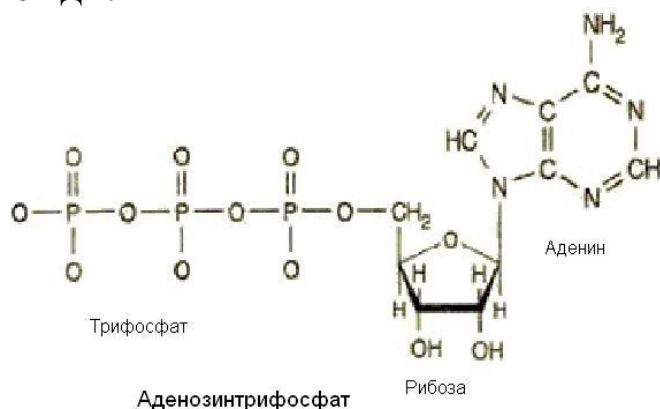


Рисунок 18. Молекула аденозинтрифосфата

### Потребность в энергии

Основные затраты в кормлении сводятся к удовлетворению потребности животных в энергии. Животное получает энергию в результате частичного или полного окисления углеводов, жиров и белков, поступивших в организм после переваривания корма, или в результате распада гликогена, жира, белков, накопленных в теле самого животного.

Даже в непродуктивном состоянии животные нуждаются в энергии для поддержания организма, сохранения постоянства температуры тела и мышечной активности. Сельскохозяйственным животным помимо поддержания требуется большое количество энергии на производство продукции - мяса, молока, яиц, потомство и т.п.

Энергия нужна для осуществления жизненно важных процессов, происходящих на уровне целого организма, отдельных органов, тканей и клеток. Например, движения самого животного, работа органов, движение крови и лимфы по сосудам, передвижение молекул питательных веществ и продуктов их обмена через клеточные мембраны, осуществление химических реакций в процессе синтеза и распада веществ.

### Единицы энергии

При измерении энергии в разных отраслях пользовались разными единицам: электроэнергию измеряли в киловатт-часах, механическую -

килограмм-метрах, тепловую энергию - в калориях. Потребность в энергии человека и животных, энергию пищи и кормов измеряли в тепловых единицах - калориях. Калория - это количество энергии в виде тепла, необходимого для повышения температуры 1 г воды на 1°C при давлении в 1 атм. и температуре среды в пределах 14,5-15,5°C.

В 1960 г. на XI Генеральной конференции по международным мерам и весам была принята единая система энергетических единиц - СИ. По этой системе в качестве основной единицы энергии признан джоуль. Советский Союз присоединился к этим международным соглашениям, и в 1961 г. был установлен соответствующий государственный стандарт (ГОСТ 9867-61) для применения его с 1 января 1963 г. Один джоуль - это работа, произведенная силой в 1 Ньютон на дистанцию в 1 метр ( $1 \text{ г м}^2/\text{сек}^2$ ).

В справочниках «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» под редакцией академика А.П. Калашникова, вышедших в 1985 и 2003 гг., энергия выражена в джоулях. При этом в соответствие с решением пленума отделения животноводства ВАСХНИЛ (март 1963 г.) вместо овсяных кормовых единиц, представлявших энергию продукции, нормирование и оценку кормов стали делать по обменной энергии.

Калория или джоуль - очень маленькие величины. Поэтому в нормативных справочниках энергию выражают в килокалориях и мегакалориях ( $1000 \text{ ккал}=1 \text{ Мкал}$ ,  $1000000 \text{ ккал}=1 \text{ Мкал}$ ), килоджоулях и мегаджоулях ( $1000 \text{ Дж}=1 \text{ кДж}$ ,  $1000000 \text{ Дж}=1 \text{ МДж}$ ). Для перевода калорий в джоули и наоборот принято, что  $1 \text{ ккал}=4,184 \text{ Дж}$ , а  $1 \text{ Дж}=0,239 \text{ ккал}$ , соответственно,  $1 \text{ Мкал}=4,184 \text{ МДж}$ ,  $1 \text{ Мкал}=4,184 \text{ МДж}$ , и наоборот,  $1 \text{ кДж}=0,239 \text{ ккал}$ ,  $1 \text{ МДж}=0,239 \text{ Мкал}$ .

При переходе на оценку кормов по обменной энергии было две возможности: отказаться от овсяной кормовой единицы вообще или ее сохранить, но дать ей новое содержание. На пленуме Отделения животноводства ВАСХНИЛ в 1963 г. одобрен второй вариант, так как практика еще не была готова к непосредственному применению физических единиц там, где твердо внедрялись кормовые единицы. Было принято, что новая кормовая единица должна равняться 2500 ккал (2,5 Мкал) обменной энергии. В отличие от старой единицы ее рекомендовали назвать энергетической кормовой единицей (ЭКЕ).

По новой системе СИ 2,5 Мкал равняются 10,46 МДж ( $2,5 \times 4,184=10,46$ ). Эта величина неудобна. В 1975 г. на совещании по энергетическому питанию животных было принято, что 1 ЭКЕ равна 10 МДж обменной энергии. Ввиду заметных различий в усвоении питательных веществ величина обменной энергии одного и того же корма для животных разных видов будет различаться. Поэтому энергию кормов выражают в соответствии с видом животного: ЭКЕ<sub>крс</sub> - для крупно-

го рогатого скота; ЭКЕ<sub>св</sub> - для свиней; ЭКЕ<sub>к</sub> - для кур. Например, для ячменя ЭКЕ<sub>крс</sub> = 1,18 (11,8 Мдж), ЭКЕ<sub>св</sub>=1,32 (13,2 Мдж) и т.д.

Калория как показатель тепловой энергии по своей биологической и физической сущности лучше подходит для живых организмов, чем джоуль. По-видимому, этим объясняется то, что некоторые страны, в частности США, оценку кормов и нормирование продолжают делать в калориях. Учитывая, что в нашей стране многие специалисты пользуются зарубежными рекомендациями, мы сочли не лишним показатели энергии в отдельных случаях дать параллельно в калориях и джоулях.

### Виды энергии

В зависимости от методов определения энергии и предпочтения её выражения энергия может быть оценена в разных её видах.

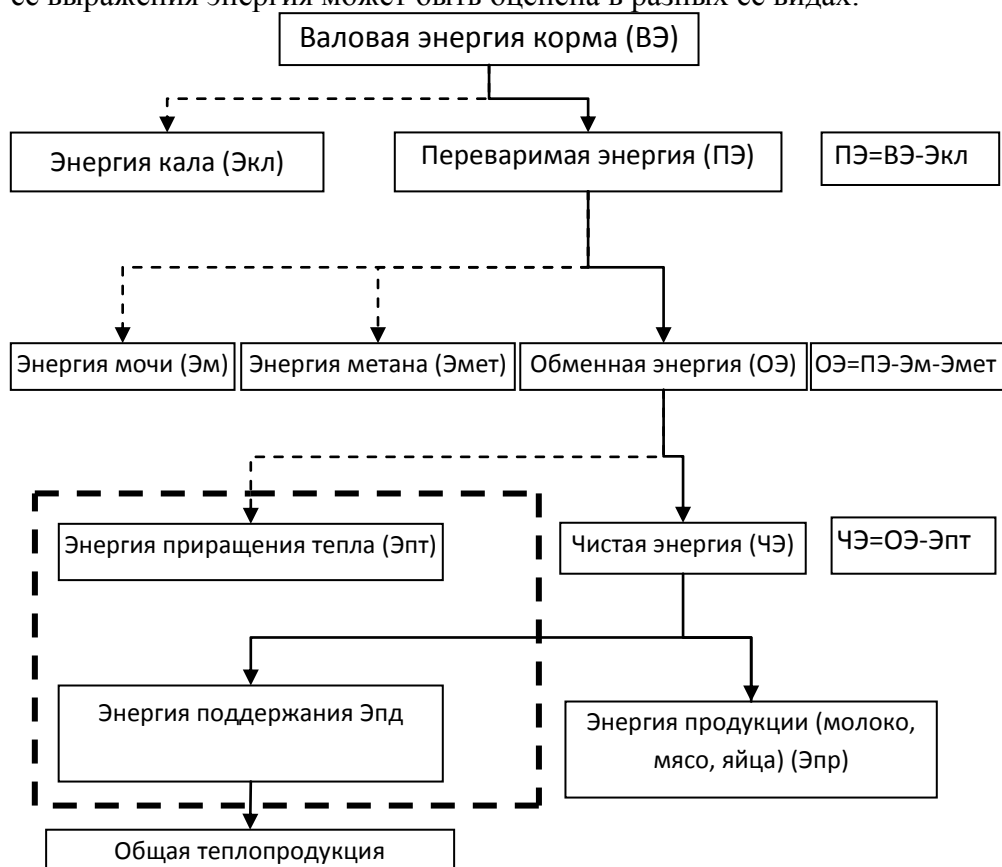


Рисунок 19. Виды энергии: (----) бесполезная, (—) полезная

### Валовая энергия (ВЭ)

ВЭ определяется количеством тепла, освобождаемого при сжигании навески органического вещества (в нашем случае корма, продуктов обмена, продуктов животноводства и т.д.) в специальном приборе,

называемом калориметрической бомбой (рис. 20). Вода и минеральные вещества при сжигании не дают тепла. Калориметрическая бомба состоит из камеры, изготовленной из прочного металла и помещенной в изолированную емкость с водой. Кислород подается под давлением. Теплота, образуемая при сгорании навески корма в атмосфере кислорода, определяется по повышению температуры воды.



Рисунок 20. Калориметрическая бомба

Валовую энергию корма можно рассчитать, зная содержание в нем питательных веществ - белка, жира, неструктурных и структурных углеводов и энергетическую емкость этих веществ.

Таблица 16. Количество энергии (тепла), выделяемой при сжигании или окислении веществ в организме

Вещества	ккал/г	кДж/г
Белок	5,6	23,4
Жир	9,4	39,3
Крахмал	4,2	17,7
Глюкоза	3,7	15,6
НСУ	4,1	17,2
Целлюлоза	4,1	17,2
НДК	4,4	18,4
КДК	4,4	18,4
Метан	13,1	55,0
Уксусная к-та	3,5	14,6
Пропионовая к-та	5,0	20,8
Масляная к-та	6,0	24,9
Молочная к-та	3,6	15,2

Расчет валовой энергии по химическому составу производят по уравнению:

$$ВЭ=23,4 \times СБ+39,3 \times СЖ+18,4 \times НДК+17,2 \times НСУ, \text{ где}$$

ВЭ - валовая энергия, кДж/кг СВ

СБ, СЖ, НДК и НСУ - соответственно, сырой белок, жир, нейтрально-детергентная клетчатка, неструктурные углеводы, г/кг СВ корма.

Валовая энергия разных кормов находится в близких пределах, за исключением кормов, содержащих много жира, энергия которого превышает энергию углеводов в два с лишним раза. Или кормов с высоким содержанием золы, не обладающей потенциальной энергией. Например, в сенаже и кормовой свекле содержится 10 и 11,5 % золы соответственно, поэтому их валовая энергия понижена (таблица 17). Содержание МДж/кг СВ: ячмень 18,5; сенаж люцерновый 17,9; силос кукурузный 18,5; свекла кормовая 16,6; соя полножирная 23,2.

Таблица 17. Расчет ВЭ по химическому составу кормов

Корма	Белок СБ	Жир СЖ	Зола	НДК	НСУ	СВ	
						кДж	МДж
Энергия 1 г, кДж	23,4	39,3	-	18,4	17,2		
Сено из суданки,г кДж	125 2925	29 1140	69 -	577 10617	200 3440	18122	18,1
Сенаж люцерны,г кДж	165 3861	36 1415	100 -	460 8464	239 4111	17850	17,9
Силос кукурузы,г кДж	90 2106	40 1572	46 -	500 9200	324 5573	18451	18,5
Ячмень,г кДж	124 2902	22 1140	29 -	208 3827	617 10612	18486	18,5
Свекла корм.,г кДж	123 2878	11 432	115 -	330 6072	421 7241	16623	16,6
Соя полножирная,г кДж	420 9828	190 7467	60 -	190 3496	140 2408	23199	23,2

### Переваримая энергия (ПЭ)

Потребленная ВЭ корма (ВЭк) за минусом валовой энергии кала (ВЭкл) является переваримой энергией (ПЭ), или энергией переваримых питательных веществ (ЭППВ) (ПЭ=ВЭ -ВЭкл). Потеря энергии с калом считается самой большой. У жвачных на сеном рационе потеря с калом составляет 40-50%, на смешанном с концентратами 20-30%, у свиней и птиц на комбикорме – 15 – 25%. Переваримая энергия разных кормов может сильно различаться в зависимости от химического состава. Положительное действие на переваримую энергию оказывают неструктурные углеводы (крахмал, сахар), отрицательное - клетчатка и зола. Жиры по разному действуют у моногастричных и жвачных животных. У первых они улучшают переваримость, у вторых растительные



жиры с высоким содержанием непредельных жирных кислот ухудшают ферментацию в рубце, снижая тем самым переваримую энергию рациона.

Переваримую энергию можно определить двумя методами:

- путем сжигания в калориметрической бомбе образцов корма и кала, это наиболее быстрый и точный метод ( $Эк-Экл=ПЭ$ );

- путем расчета по коэффициентам переваримости питательных веществ корма, полученных в балансовых опытах.

Предлагаются уравнения для предсказания переваримой энергии на основе данных химического состава кормов.

По рекомендациям ARC (Сельскохозяйственный Совет Англии) для свиней:

$ПЭ (МДж/кг) = 17,47 + СБ + СЖ - СЗ - НДК$ , где

СБ – сырой белок, СЖ – сырой жир, СЗ – сырая зола, НДК – нейтрально-детергентная клетчатка, все в г/кг.

Дмитроченко А.П. и др. (1982) предлагают переваримую энергию кормов для крупного рогатого скота и свиней рассчитывать по переваримым веществам:

$ПЭкрс (МДж/кг) = 0,0242пСБ + 0,0342пСЖ + 0,0185пСК + 0,0170пБЭВ$ ,

$ПЭсв (МДж/кг) = 0,0242пСБ + 0,0394пСЖ + 0,0184пСК + 0,018пБЭВ$ ,

где пСБ - переваримый сырой белок, г/кг; пСЖ - переваримый сырой жир, г/кг; пСК - переваримая сырая клетчатка, г/кг; пБЭВ - переваримые безазотистые экстрактивные вещества, г/кг.

### **Обменная энергия (ОЭ)**

Обменная энергия определяется как переваримая энергия за минусом потерь энергии с мочой (Эм) и сгораемыми газами (Эгз), выделяемыми из пищеварительного тракта, в основном, в виде метана. Потеря энергии с газами составляет значительную часть у жвачных. Другими словами, обменная энергия - это потребленная валовая энергия минус энергия кала, минус энергия мочи, минус энергия газообразного продукта образованного в процессе переваривания ( $ОЭ=ВЭ-Экл-Эм-Эгз$ ). Потеря энергии с газом у птиц и свиней незначительные, поэтому при определении ОЭ на этих животных ими пренебрегают. Уравнение для свиней:  $ОЭ=ВЭ-Экл-Эм$ . У птиц кал и моча выделяются вместе в виде помета для них:  $ОЭ=ВЭ-Эпм$ .

Обменная энергия - это часть энергии корма, которая требуется для осуществления обменных процессов животных и производства продукции. Поэтому обменная энергия, принятая у нас и во многих странах для измерения энергии кормов, позволяет определить питательную ценность кормов. Для измерения обменной энергии необходимо в опытах на животных учитывать количество кала, мочи и метана и определить их энергетическую ценность. Кал и мочу собирают в балансовых опы-

тах у животных, помещенных в обменные клетки, снабженные устройством для сбора кала и мочи.

Эффективное использование всосавшихся источников перевариваемой энергии варьирует в зависимости от вида животных. Потеря энергии с мочой происходит из-за выделения не полностью окисленных азотистых соединений, связанных с обменом белка, главным образом, мочевины у млекопитающих и мочевой кислоты у птицы.

Потери с мочой достаточно стабильны и составляют 3-4% от потребленной перевариваемой энергии у свиней и 8-10% у птиц. Поэтому каждый грамм азота мочи, выделенной жвачными в виде мочевины, составляет 31 кДж, у свиней – 28 кДж, у птицы в виде мочевой кислоты – 36 кДж.

В то время как энергетическая ценность углеводов и жиров, всосавшихся у животных, равна их теплоте сгорания в калориметре, энергетическая ценность всасываемого белка ниже, чем его теплота сгорания из-за потери энергии с мочевиной, мочевой кислотой, выделяемых с мочой.

Жвачные имеют высокие потери энергии при ферментации кормов в рубце. Часть энергии корма используется рубцовыми микроорганизмами для собственного обмена и роста, в результате которых образуются отходы в виде метана,  $\text{CO}_2$ . Газы теряются при отрыжке. Эти потери считают результатом обменности (метаболизированности), хотя биологически более точная схема должна, по-видимому, образование газов относить в понятие перевариваемости (NRC, 1966; Калашников А.П. и др., 2003). Респираторная камера необходима для измерения образуемого метана. Если таковой нет, то потери энергии у жвачных с метаном можно принять в размере 8% от потребленной валовой энергии.

Принято считать, что обменная энергия у свиней составляет 96% от перевариваемой энергии ( $\text{OЭсв}=\text{ПЭ}\times 0,96$ ), у жвачных 81% ( $\text{OЭжв}=\text{ПЭ}\times 0,81$ ), у кур-несушек 90% ( $\text{OЭкур}=\text{ПЭ}\times 0,90$ ), т.е. зная перевариваемую энергию, легко пересчитать в обменную.

Субкомитет по кормлению молочного скота Национального научно-исследовательского совета США (NRC-2001) рекомендует обменную энергию для молочного скота рассчитывать на основе данных перевариваемой энергии:

$$\text{OЭ (Мкал/кг)}=1,01\times\text{ПЭ(Мкал/кг)}-0,45;$$

В переводе на мегаджоули :

$$\text{OЭ(МДж/кг)}=1,01\times\text{ПЭ(МДж/кг)}-1,88.$$

### **Предсказание обменной энергии кормов**

Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства рекомендует рассчитывать обменную энергию кормов по уравнениям регрессии:

$OЭ (МДж/кг СВ)_{крс} = 0,0175 пБ + 0,0312 пЖ + 0,0137 пК + 0,0148 пБЭВ$   
 $OЭ (МДж/кг СВ)_{овцы} = 0,0177 пБ + 0,0379 пЖ + 0,0134 пК + 0,0148 пБЭВ$   
 $OЭ (МДж/кг СВ)_{лошади} = 0,0195 пБ + 0,0354 пЖ + 0,0160 пК + 0,0160 пБЭВ$   
 $OЭ (МДж/кг СВ)_{свиньи} = 0,0209 пБ + 0,0366 пЖ + 0,0143 пК + 0,0170 пБЭВ$   
 $OЭ (МДж/кг СВ)_{птицы} = 0,0178 пБ + 0,0398 пЖ + 0,0177 пК + 0,0177 пБЭВ,$   
 где пБ, пЖ, пК, пБЭВ – г/кг СВ, соответственно, переваримые белок, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества.

Европейская ассоциация животноводства предлагает прогнозировать содержание ОЭ в кормах для свиней на основе данных химсостава корма:

$OЭ (МДж/кг) = 0,018 СБ + 0,031 СЖ + 0,0163 БЭВ - 0,0149 СК,$  где  
 СБ, СЖ, БЭВ, СК – соответственно, сырой белок, сырой жир, безазотистые экстрактивные вещества, сырая клетчатка (г/кг корма).

В Англии используются уравнения для предсказания обменной энергии в кормах для птицы:

$OЭ (МДж/кг корма)_{па} = 0,01551 СБ + 0,03431 СЖ + 0,01669 Кр + 0,01301 Сах,$   
 где СБ – сырой белок; СЖ – сырой жир; Кр – крахмал; Сах – общий сахар, все в г/кг корма.

Для рационов, в которых содержание сырого жира превышает 3% расчёт обменной энергии для коров по уравнению:

$OЭ (МДж/кг) = [1,01 \times ПЭ(МДж/кг) - 1,88] + 0,0193 \times (СЖ - 3);$  где СЖ – % СВ; 3 – содержание жира 3% и более.

Прогнозирование содержания обменной энергии по сырым веществам разных кормов для крупного рогатого скота:

Сено, солома, мякина:

$OЭ (МДж/кг СВ) = (41,304 - 0,026 СК + 0,03 СБ) \times 0,083 ВЭ$

Зеленая масса, силос, сенаж, травяная мука:

$OЭ (МДж/кг СВ) = (53,53 - 0,015 СК + 0,093 СБ) \times 0,0086 ВЭ$

Корнеплоды и концентраты с содержанием менее 20% протеина:

$OЭ (МДж/кг СВ) = (77,61 - 0,071 СК + 0,03 СБ) \times 0,0088 ВЭ$

Концентраты с содержанием сырого протеина более 20%:

$OЭ (МДж/кг СВ) = (63,03 + 0,014 СК + 0,0375 СБ) \times 0,008 ВЭ$

СК- сырая клетчатка, г/кг СВ; СБ- сырой белок, г/кг СВ; ВЭ- валовая энергия, МДж/кг СВ.

### **Чистая, или нетто – энергия (ЧЭ)**

Чистая энергия (ЧЭ) определяется как разница между обменной энергией и энергией приращения тепла (Эпт):  $ЧЭ = OЭ - Эпт$ . Чистая энергия – это энергия, использованная в полезных целях: на поддержание (Эпд) и производство продукции (Эпр). Энергия, использованная на поддержание, вся в итоге освобождается из тела животного в виде тепла. Энергия продукции заключается в образовании белков, жиров и углеводов в составе прироста живой массы, молока, яиц, шерсти, ново-

рожденных. Таким образом, чистая энергия отличается от обменной количеством потерянного тепла в результате химических процессов, связанных с пищеварением и обменом веществ. Энергию кормов и нормы потребности для крупного рогатого скота в Америке выражают в ЧЭ. Для перевода в ОЭ необходимо:  $ОЭ=ЧЭ/0,62$  или  $ОЭ=ЧЭ \times 1,61$ . Это необходимо знать, когда приходится работать с рекомендациями США по кормлению животных.

**Предсказание чистой энергии кормов.** Предсказание по NRC (2001) чистой энергии кормов делается по коэффициенту переваримости и величине суммы переваримых питательных веществ (СППВ):

$ЧЭ$  (МДж/кг) =  $0,1025 \times СППВ \% - 0,50$ . Сумма переваримых питательных веществ выражается в граммах переваримых белка, неструктурных углеводов, нейтрально-детергентной клетчатки и жира. Последний умножается на 2,25, так как его энергетическая ценность на этот показатель превышает ценность углеводов и белка. Обменная энергия у лактирующих коров используется в чистую энергию по коэффициенту 0,62:  $ЧЭ=ОЭ \times 0,62$ .

Для молодняка свиней, получающих стандартные рационы в условиях термонейтральной температуры в свиноматке, отношение ЧЭ к ОЭ колеблется от 0,66 до 0,75. Для сбалансированных рационов коэффициент эффективности использования ОЭ в ЧЭ у свиней равен 0,70. Поэтому для свиней принят расчет  $ЧЭ=0,7 ОЭ$ . Для перевода ЧЭ в ОЭ необходимо количество первой разделить на 0,7.

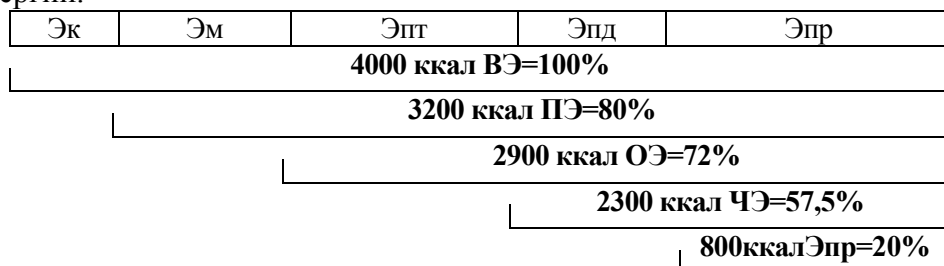
В рекомендациях NRC (1998) предлагаются следующие уравнения для расчета содержания ЧЭ крупного рогатого скота на основе количества ОЭ и химического состава кормов (ккал/кг):

$$ЧЭ = 328 + (0,599 \times ОЭ) - (15 \times \%СЗ) - (30 \times \%КДК) \quad (\text{Ewan, 1989});$$

$$ЧЭ = (0,726 \times ОЭ) + (13,3 \times \%СЖ) + (3,9 \times \%Кр) + (6,7 \times \%СБ) - (8,7 \times \%КДК),$$

где Кр - крахмал.

На рисунке 21 наглядно показано использование валовой, переваримой и обменной энергии у кур-несушек. Так переваримая энергия составляет 80% валовой, обменная – 90% переваримой, чистая энергия – почти 80% обменной, энергия продукции -35% чистой и 20% валовой энергии.



\* Эк – энергия кала, Эм – энергия мочи, Эпт – энергия приращения тепла, Эпд – энергия поддержания, Эпр – энергия продукции (яйца и ткани).

Рисунок 21. Распределение валовой энергии корма у кур-несушек

## Энергия поддержания (Эпд)

Животное находится в состоянии поддержания, когда состав его тела остается стабильным, когда не производится никакой продукции и не совершается какая-либо работа. Так как продуктивных животных редко содержат в непродуктивном состоянии, то можно полагать, что определение потребности на поддержание жизни представляет лишь академический интерес. Но это не так. Потребность в энергии, например, молочных коров, свиней, рассчитывается факториально, суммируя потребности на поддержание и на продукцию. Поэтому, знание, что такое поддержание и потребность на поддержание животных имеет как теоретическое, так и практическое значение.

Потребность в энергии на поддержание, оказывается весьма значительной. Так у телок она составляет 59%, у бройлеров - 61%, у свиноматки и курицы – 67% от общей потребности в энергии (таблица 18). Чем меньше продуктивность, тем выше доля затрат на поддержание

Таблица 18. Примерные соотношения потребности в энергии на поддержание и продукцию в % от общей (P.McDonald and oth, 2002).

Животные	Поддержание, МДж		Продукция, МДж		Поддержание, % от общей
	ЧЭ	ОЭ	ЧЭ	ОЭ	
Суточная потребность					
Корова, ж.м. 500кг, 20 кг молока	32	53	63	103	34
Телка ж.м. 300кг, ср.сут.привес 1кг	23	38	16	26	59
Поросенок ж.м. 50кг, ср.сут.привес 0,75 кг	7	11	10	16	41
Бройлер ж.м. 1кг, ср.сут.привес 50г	0,50	0,8	0,32	0,52	61
Годовая потребность					
Корова ж.м. 500кг, теленок 35кг, надой молока 5000кг	12200	20000	16000	26230	43
Свиноматка ж.м. 200кг, 16 поросят, 1,5кг каждый, 750кг молока	7100	11639	4600	7541	61
Курица ж.м. 2кг, 250 яиц	190	311	95	156	67

ЧЭ – чистая (нетто) энергия, ОЭ - обменная энергия

### Методы определения потребности в энергии на поддержание

**Основной или голодный обмен.** Животные, лишенные корма, будут затрачивать резервы тела на поддержание, окисляя запасы жира, белка для обеспечения жизненно важных процессов, таких как дыхание, циркуляция крови, мышечный тонус поддержание постоянства темпе-

ратуры тела (тепловой гомеостаз). Энергия, затраченная на поддержание, превращается в тепло и теряется из тела. Количество тепла, возникающее таким путем, известно как **основной обмен (метаболизм)** и его измерение обеспечивает прямое определение количества чистой энергии, которое животное должно получать из корма, чтобы обеспечить потребность на поддержание.

Основной обмен веществ включает относительно малые потери энергии животными в их моче. В ранних исследованиях было признано, что теплопродукция основного обмена является более пропорциональной поверхности тела животных, чем их живой массе, поэтому стало правилом потребность на поддержание у животных разного размера выражать относительно площади поверхности тела. Чем мельче животное, тем больше поверхность его тела в расчете на единицу живой массы и, наоборот, чем крупнее животное, тем меньше поверхность его тела на единицу живой массы. Поэтому обмен веществ более интенсивен у мелких животных. Поверхность животных трудно измерить, поэтому были предложены методы расчета поверхности по живой массе. Оказалось, что для тел одинаковой формы и плотности их поверхность пропорциональна  $2/3$  живой массы ( $ЖМ^{0,67}$ ). Позже было установлено, что более тесные отношения есть между метаболизмом и  $ЖМ^{0,73}$ , а не  $ЖМ^{0,67}$  (Kleiber M., 1932). В 1964 году на международном совещании по животноводству (Лондон) возведение в степень округлили до  $0,75$ .  $ЖМ^{0,75}$  назвали метаболической живой массой (МЖМ). Расчет метаболической массы можно произвести с помощью инженерного калькулятора:

$МЖМ = ЖМ \cdot y^x$ , кг  $y^x$   $0,75$ , где  $y^x$  и  $=$  - символы на калькуляторе, жм, кг - живая масса животного (кг), МЖМ - метаболическая живая масса, кг.

Обнаружено, что затраты энергии при голодном обмене «от мыши до слона» на поддержание примерно равны и составляют  $0,293$  МДж чистой энергии на кг жм  $^{0,75}$  (таблица 19). В дальнейшем, однако, выявились определенные различия от вида к виду в затратах на поддержание, МДж/кг  $^{0,75}$ /день: корова -  $0,32$ , свинья -  $0,31$ , человек -  $0,29$ , домашняя птица -  $0,36$ , крыса -  $0,30$ . Имеются также различия в зависимости от возраста и пола: у молодых она выше, чем у старых, у самцов выше, чем у самок.

Измерения потребности в энергии на поддержание по затратам организма в результате голодания не учитывает того, что тепло, производимое животным в практических условиях фермы, приходит не из запасов тела, а в результате процессов переваривания и обмена питательных веществ корма, при которых имеет место «тепловое приращение», а также из-за свободной мускульной активности животного. Продукция тепла может повышаться при содержании животных на холоде.

Таблица 19. Потребность различных видов животных в энергии на под-  
держании

Животные	Живая масса, кг	Потребность, кДж/гол/сутки	Потребность, кДж	
			на кг живой массы	на кг метаболиче- ского ЖМ <sup>0,75</sup>
Колибри	0,01	9	900	297
Мышь	0,1	52	520	293
Курица	2	500	250	297
Собака	10	1700	170	297
Человек	70	7000	100	293
Свинья	100	9200	92	293
Корова	500	31000	62	293
Бык	1000	52000	52	293

Количество энергии, требуемое на поддержание, может быть определено непосредственно при кормлении (как противоположное голоданию) животных, если содержание энергии в их корме известно и их энергетический баланс может быть измерен. Количество пищи может быть подогнано так, что животные будут находиться в точном энергетическом равновесии, более того, практически легче им позволить сделать небольшой привес или отвес и затем методом расчета затрат энергии на прирост или отвес определить количество энергии на поддержание.

Такой подход можно использовать в опытах по кормлению, в которых животное не содержится в специальной калориметрической камере. Животному дают точное количество корма (энергии) и его прирост или отвес живой массы измеряют.

Кормовые методы определения потребности на поддержание имеют преимущества, так как кормление животных происходит в условиях фермы, а не в ненатуральных условиях голодания в калориметре.

Животные на ферме в целом затрачивают больше энергии на свободную активность. Другой фактор состоит в том, что продуктивные животные должны обладать более интенсивным метаболизмом, чем голодающие и, тем самым, несут более высокие затраты на поддержание. Третье, животные на ферме подвергаются более высоким экстремальным действиям климата и должны использовать энергию специфически, чтобы поддерживать нормальную температуру. Многие активности являются обязательными: стояние, вставание и лежание, и затраты на них энергии всегда добавляют к голодному метаболизму при расчете потребности на поддержание. Поэтому принято затраты энергии при голодании на основной обмен повышать на 8%. У растущих животных эти затраты будут намного больше.

## Энергия приращения тепла (Эпт)

Энергия приращения тепла – это количество энергии, освобождаемой в результате энергетических затрат пищеварительного тракта и обменных процессов в клетках тканей и органов. Если голодному животному дать пищу, то в пределах нескольких часов его температура будет повышаться выше уровня, необходимого для основного обмена. Это увеличение известно, как тепловое приращение энергии. Оно хорошо заметно у человека (ему становится жарко, выделяется пот) после обильного обеда. Такое приращение тепла может быть выражено в абсолютных единицах энергии на кг потребленного сухого вещества или относительно, как часть ВЭ или ОЭ в процентах.

Основными причинами приращения тепла (это состояние называется также специфическим динамическим действием) являются:

- действие биохимических реакций в процессе обмена питательных веществ, т.е. синтеза веществ и их распада. Энергия, выделенная в результате окислительных реакций, происходящих в тканях, никогда полностью не используется с 100%-ой эффективностью для животного, так как часть ее теряется в виде тепла в результате неполной передачи энергии на образование новых веществ, например такого носителя энергии как аденозинтрифосфат (АТФ).

- тепло появляется в результате пищеварительной деятельности, т.е. жевания пищи и прохождения ее через пищеварительный тракт;

- часть добавочного тепла, преимущественно у жвачных, состоит из тепла, полученного в результате ферментации в рубце;

- дополнительное тепло образуется в результате выделения продуктов обмена почками.

Потеря энергии за счет процесса приращения тепла весьма значительна. Например, при окислении глюкозы коэффициент ее использования на образование АТФ составляет 0,69, а 0,31 теряется в виде тепла. Потери будут более значительны, когда глюкоза запасается в виде гликогена.

Подобная неэффективность имеет место при синтезе структурных веществ, например – белков тела и продукции. Присоединение одной аминокислоты к другой (образование пептидной связи) требует затрат 4-х пирозинатных высокоэнергетических связей. Если эта реакция осуществляется с участием АТФ, то около 2,5 МДж энергии будет освобождено в виде тепла на каждый кг образованного белка. На обновление белка в процессе основного обмена затрачивается около 10% энергии в виде теплопродукции животного. На действие  $K^+$ - $Na^+$ -насоса в образовании электрических потенциалов также производится около 10% энергии в виде теплопродукции.

Эта тепловая энергия не имеет никакой ценности для животного и ее следует рассматривать подобно экскрету, или как таксу (налог), от-



даваемый энергией корма. Она не используется на производство продукции, но может в какой-то мере быть использована на поддержание температуры тела в условиях холода.

Энергия, используемая на поддержание, растрчивается в виде тепла. Таким образом, общая продукция тепла является суммой (Эпт+Эпд). Для оценки ЧЭ необходимо измерение баланса энергии или теплопродукции. Хотя ЧЭ трудно измерима, тем не менее, она является лучшим показателем энергии, доступной животному для поддержания и продукции.

Следует отметить, что приращение тепла от потребленного белка значительно выше, чем других питательных веществ, это происходит в результате: а) синтеза мочевины в печени, которая теряется с мочой; б) затрат энергии на выделение конечных продуктов белкового обмена через почки; в) метаболизма углеродного скелета аминокислот.

Таким образом, коэффициент использования обменной энергии на поддержание и особенно на продукцию оказывается недостаточно невысоким. Он зависит от источника энергии (углевод, жир, белок) и вида животного (таблица 20).

Таблица 20. Коэффициенты эффективности использования источников обменной энергии (выборка из учебника Animal Nutrition, P. Mc Donald и др., 2002 г.)

Источники энергии	КРС	Свиньи	Птица
поддержание			
Глюкоза	0,94	0,95	0,89
Крахмал	0,80	0,88	0,97
Казеин	0,70	0,76	0,84
Жир	0,86 <sup>x</sup>	0,97	0,95
Концентраты(зерно)	0,70	0,85	0,90
Люцерновое сено	0,82	-	-
прирост живой массы			
Жир рациона	0,61	0,86	-
Белок рациона	0,50(казеин)	0,66	-
Соевая мука	0,48	0,48	-
Люцерновое сено	0,52	-	-

x) – смесь жирных кислот

Затраты энергии в виде приращения тепла как на поддержание, так и прирост живой массы наибольшие при обмене белка. Они увеличиваются еще более значительно при дисбалансе незаменимых аминокислот, например при недостатке лизина (таблица 21).

На сбалансированном лизином рационе повысилась энергия продукции с 14,6 до 19,8%, в том числе почти в 2 раза на отложение белка, потери энергии на тепловое приращение снизились с 27,9 до 23,1%. Все это отразилось на существенном снижении затрат корма на единицу прироста живой массы – с 5,42 до 2,96 г.

Таблица 21. Использование обменной энергии (ОЭ) у белых крыс в зависимости от сбалансированности рационов лизинном(17,5% белка в рационе) при кормлении вволю (Рядчиков В.Г., 1981)

Показатели	Лизин 0,4%		Лизин 0,9%	
	МДж	распределение ОЭ, %	МДж	распределение ОЭ, %
Потреблено ОЭ, гол/21 дн.	3,01	100	3,89	100
Энергия продукции (Эпр)	0,44	14,6	0,77	19,8
В т.ч. жир	0,26	8,6	0,31	8,0
Белок	0,18	6,0	0,46	11,8
Энергия поддержания (Эпд)	1,73	57,5	2,22	57,1
Чистая энергия (ЧЭ)	2,17	72,1	2,99	76,9
Энергия теплового приращения (ОЭ-ЧЭ)	0,84	27,9	0,90	23,1
Потребление корма, г/гол/дн	10,3		13,3	
Сренесуточный прирост, г	1,9±0,26		4,49±0,36	
Затраты корма, г/1г прироста	5,42		2,96	

#### Литература:

1. Нормы и рационы кормления с.-х. животных /А.П. Калашников и др. //М.: Агропромиздат,2003. – 436с.
2. Организация научно-обоснованного кормления высокопродуктивного молочного скота (практические рекомендации) /Е.Л. Харитонов, В.И. Агафонов, Л.В. Харитонов//Боровск, 2008. – 106с.
3. Питание высокопродуктивных коров /В.Г. Рядчиков, Н.И. Подворок, С.А. Потехин//Краснодар, 2002.
4. Харитонов Е.Л., Физиология и биохимия питания молочного скота.- Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011, -372 с.
5. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, NRC, USA, 2001.
6. Nutrient Requirement of Swine, NRC, USA, 1998.
7. P. Mc Donald and ofh AnimalNutrition, 2002, Sixth edition. (Великобритания). Pirson Education. - 677 p.
8. W.G. Pond and oth. Basic Animal Nutrition and Feeding, 2007, Fifth Edition.-580 p.

## Методы измерения теплопродукции и баланса энергии

Калориметрия означает определение (измерение) тепла. Разделение энергии корма, изображенное на рисунок 19 показывает, если количество потребленной обменной энергии животным нам известно, то измерение его общей теплопродукции позволит рассчитать отложение энергии в виде продукции по разнице:  $\mathcal{E}_{\text{пр}} = \text{ОЭ} - \mathcal{E}_{\text{тп}}$  (подобным образом измерение усвоенной энергии в продукции позволит рассчитать энергию теплопродукции:  $\mathcal{E}_{\text{тп}} = \text{ОЭ} - \mathcal{E}_{\text{пр}}$ ).

Методы измерения продукции тепла и отложения энергии у животных достаточно сложны как в принципе, так и в исполнении. В прошлом сложность метода и затраты на аппарат для калориметрии ограничивали проведение исследований. По мере совершенствования методов исследования эти трудности уменьшались, однако, даже и при этом, калориметрия животных остается узко специализированным направлением, и немного исследователей включены в него. Несмотря на это, изучение калориметрии животных на бумаге желательно всем студентам обучающимся по питанию, так как без овладения основами калориметрии трудно понять и усвоить принципы обмена энергии.

Продукция тепла животных может быть измерена физическими методами с помощью прямой калориметрии. Альтернативно, продукцию тепла можно измерить непрямым методом по дыхательному обмену животного; для этого респираторная камера обычно используется. Респираторные камеры могут быть так же использованы для определения отложения энергии, методом, известным как углеродный и азотный баланс.

### Прямая калориметрия

Животные не запасают тепло, кроме сравнительно короткого периода времени, поэтому измерение теплопродукции в течение 24 часов или более вполне достаточно, чтобы гарантировать, что количество потерянного тепла из животного равно произведенному количеству тепла. Чтобы определить энергию приращения тепла животному дают корм в двух уровнях обменной энергии и производство тепла измеряют при этих двух уровнях. Приращение тепла рассчитывают, как показано на рисунке 23. Два уровня требуется потому, что часть продукции тепла животных происходит в результате его основного обмена (поддержания). Увеличение в потреблении корма вызывает увеличения общей теплопродукции, но при этом основной обмен (расход на поддержание) остается тем же самым, как при первом уровне кормления, поэтому повышение продукции тепла является, таким образом, приращением тепла от сверх заданного корма.

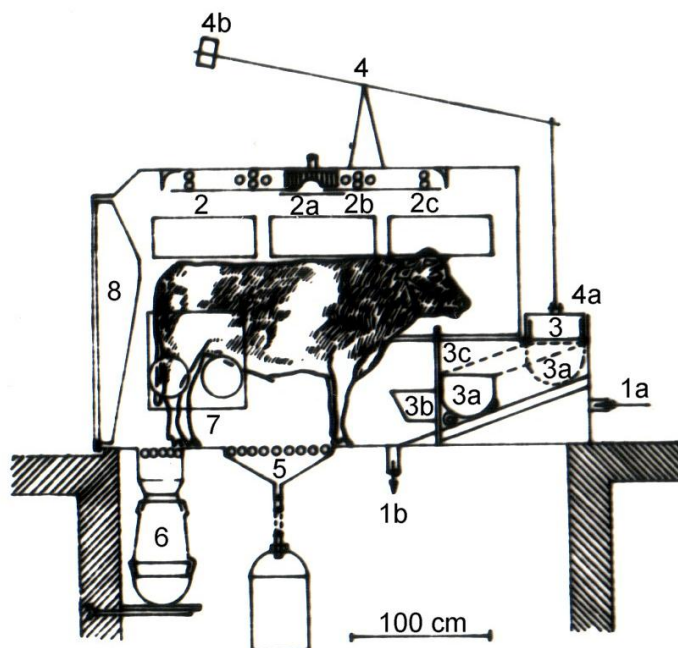


Рисунок 22. Схема респираторной камеры для КРС в Институте питания животных имени Оскара Кельнера. г. Росток. . 1а – система подачи свежего воздуха; 1b – удаление отработанного воздуха; 2 – климатконтроль; 2а- вентилятор; 2b – охлаждающее устройство; 2с – обогреватель; 3 – кормовой шлюз; 3а – кормушка; 3b – поилка; 3с- устройство подачи корма; 4 - устройство учета корма; 4а – автоматический регулятор подачи корма; 4b – противовес; 5 – мочесборник; 6 – калоуловитель; 7 – доильный аппарат с наблюдательным окном и резиновыми перчатками; 8 – дверь камеры с наблюдательным окном и резиновыми перчатками.

В примере на рисунке 23 корм, давали при уровнях 40 и 100 МДж ОЭ. Повышение до 60 МДж (ВД) на рисунке произошло в результате увеличения продукции тепла на отрезке CD, в 24 МДж. Приращение тепла от дополнительной ОЭ составило  $CD/BD$ , или  $24/60=0,4$ , или 40%.

Приращение тела можно определить как разницу в продукции тепла между основным (голодным) обменом, когда потребление энергии на нулевом уровне и продукцией тепла, полученной на кормящемся животном. Например, на рисунке 23 этот метод дает приращение тепла как  $16/40=0,4$

Если изучается один корм, то его дают как единственный источник в двух уровнях. Более низкий уровень теплопродукции может быть получен при даче основного корма и более высокий уровень с тем же основным кормом плюс некоторое количество изучаемого корма.

Например, прирост тепла от съеденного овцами ячменя можно измерить путем кормления сначала сеном и затем на равном количестве того же сена плюс некоторое количество ячменя. Прямая калориметрия животных остается дорогим методом. Сейчас, чаще всего, проводят калориметрию непрямым методом.

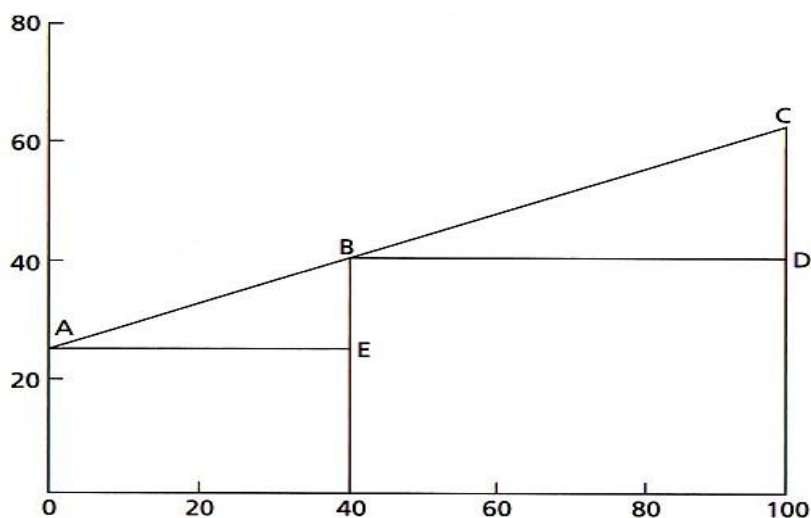


Рисунок 23. Метод разного кормления для определения приращения тепла корма. А – является уровнем основного обмена В и С – представляют продукцию тепла при обмене потребленной энергии в 40 и 100 ДМж. Зависимость между продукцией тепла и потреблением энергии здесь показана в линиях, т. е. АВС – прямая линия, однако как объясняется ниже это не является абсолютным правилом

Тепло теряется из тела путем радиации, проведения, конвекции с поверхности тела и путем испарения воды с кожи и из легких. Калориметр для животного, по сути, является герметичной изолированной камерой. Потери тепла с паром измеряют путем учета объема воздуха протекающего через камеру, и количества воды на входе и выходе. Тепло с радиацией, проведением и конвекцией оценивают по циркулирующей через змеевик воды внутри камеры; количество тепла, удаленного из камеры может быть рассчитано по скорости потока воды и разнице между температурой воды на входе и выходе из камеры. В новых калориметрах, количество тепла измеряют электрически, поскольку оно проходит через стенку камеры. Этот тип калориметра дает возможность потери тепла записывать автоматически. Большинство новых калориметров включают аппаратуру для измерения респираторного обмена и поэтому могут быть использованы так же для не прямой калориметрии.

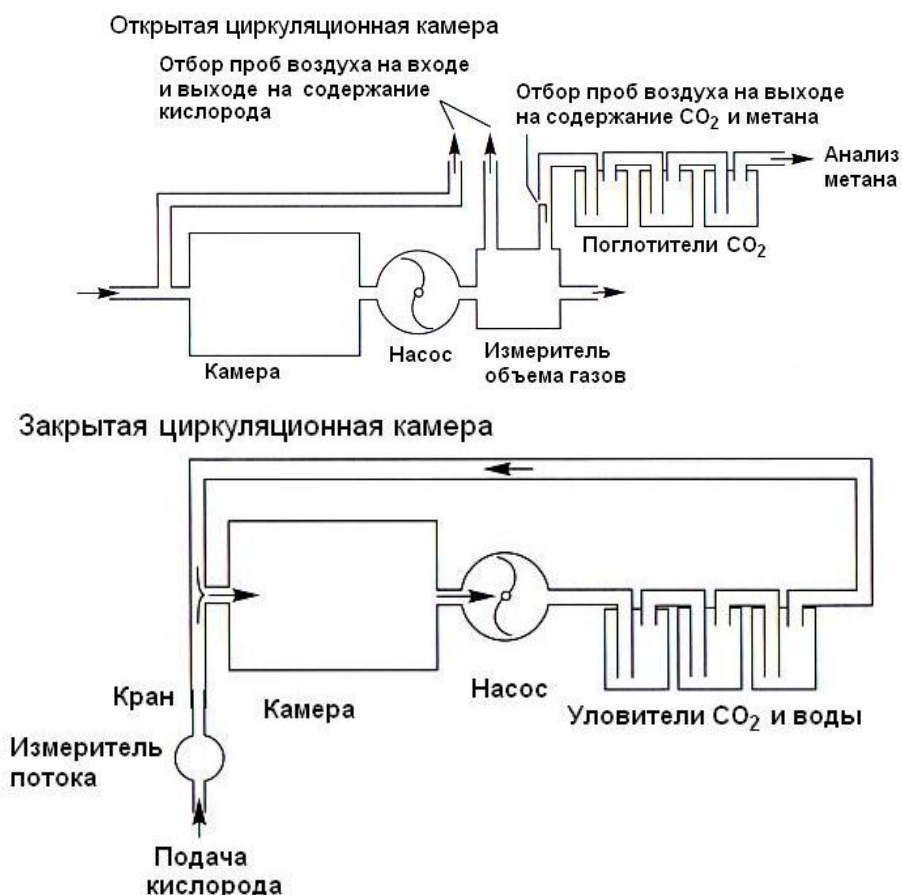


Рисунок 24. Схемы респираторных камер

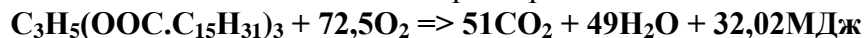
### Непрямая калориметрия по респираторному (дыхательному) обмену

Вещества, которые окисляются в теле, и чья энергия поэтому превращается в тепло, относятся к трем классам питательных веществ – углеводы, жиры и белки.

Окисление глюкозы в качестве общей реакции для углеводов:



и для окисления типичного жира – трипальмитата:



Одна грам – молекула кислорода занимает 22,4 литра при нормальной температуре и давлении. Таким образом, у животного, получившего всю свою энергию в результате оксидации глюкозы, использование одного литра кислорода должно привести к продукции  $2820/(6 \times 22,4) = 20,98$  кДж тепла; для смесей из углеводов средняя величина является 21,12 кДж/литр O<sub>2</sub>. Эта величина известна как **термаль-**

**ный (тепловой) эквивалент кислорода** и используется в непрямой калориметрии, чтобы определить теплопродукцию на основе потребления человеком и животными кислорода.

Для животного, катаболизирующего смесь только жиров, термальный эквивалент кислорода составляет 19,61 кДж/литр (19,71 кДж/литр рассчитан для одного жира по вышеприведенному уравнению для трипальмитата).

$$(72,5 \times 22,4 = 1624; 32020 / 1624 = 19,71)$$

Кормление животных только углеводами или жирами ненормально. Они окисляют смесь из них, (и кроме того, белков), поэтому, чтобы применять в нормальных условиях соответствующий термальный эквивалент, необходимо знать, сколько кислорода использовано на каждое питательное вещество. Количество рассчитывают по так называемому респирационному коэффициенту (RQ). Он является отношением между объемом двуокиси углерода, произведенным животным, и объемом использованного кислорода. Так как в одинаковых условиях температуры и давления равные объемы газов содержат равные количества молекул, то RQ для углеводов рассчитывается:  $6\text{CO}_2/6\text{O}_2=1$ ; из уравнения с трипальмитатом:  $51\text{CO}_2/72,5\text{O}_2=0,70$ . Если RQ животного известно, то пропорция окисленных жира и углеводов может затем быть определена по таблице стандартов. Например, RQ, равный 0,9, показывает окисление смеси из 67,5% углеводов и 32,5% жира и термальный эквивалент кислорода для такой смеси равен 20,65 кДж/литр. Расчет:  $21,12 \times 0,675 + 19,71 \times 0,325 = 14,25 + 6,4 = 20,65$

Окисляемые смеси обычно включают белок. Количество катаболизируемого белка может быть определено по потерям азота в моче, 0,16г N мочи экскретируется на каждый грамм белка. Тепло от сгорания белка (т.е. тепло, полученное от полного окисления белка) варьирует в соответствии с количеством аминокислот, но в среднем 22,2 кДж/г. Белок, однако не полностью окисляется у животных из-за того, что организм не может окислять азот и количество тепла, произведенное при катаболизме 1г белка = 18,0 кДж. На каждый грамм окисленного белка производится 0,77 литров  $\text{CO}_2$  и используется 0,96 литров кислорода, давая уравнение  $\text{RQ} = 0,8$  ( $0,77/0,96=0,8$ ).

Тепло производится не только тогда, когда окисляются органические вещества, но так же когда они используются на синтез веществ тканей тела животных. Было установлено, что количество тепла, произведенное в процессе таких синтезов несут те же самые отношения в респираторном обмене, как это происходит при полном окислении питательных веществ.

Зависимость между респираторным обменом и продукцией тепла нарушается, если окисление углеводов и жира неполное. Такая ситуация возникает при таких нарушениях обмена, как кетоз, когда жирные кис-

лоты не полностью окисляются до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , а углерод и водород покидают тело в виде кетонов или кетоноподобных веществ. Неполное окисление происходит также и в нормальных условиях у жвачных из-за того, что конечным продуктом углеводов при ферментации в рубце является метан. В практике продукцию тепла, рассчитанную по респирационному обмену у жвачных, корректируют путем вычитания 2,42 кДж на каждый литр метана.

Расчеты, приведенные выше, можно объединить в одно уравнение, называемое уравнением Бравера (датский ученый E. Brouwer):

$$\text{ТП} = 16,18\text{VO}_2 + 5,16\text{VCO}_2 - 5,90\text{N} - 2,42\text{CH}_4$$

где ТП – продукция тепла (кДж),

$\text{VO}_2$  – потребление кислорода (литров),

$\text{VCO}_2$  – продукция  $\text{CO}_2$  (литр),

N – азот экстретированный в моче (г),

$\text{CH}_4$  – продукция метана (литр).

Для птиц N коэффициент = 1,20 (вместо 5,90), т.к. птица экстретует азот в более окисленной форме мочевой кислоты, чем мочевины.

Таблица 22. Расчет продукции тепла у теленка по респираторному обмену и экскреции азота с мочой (Blaxter V.L., Graham N. McC. and Rode J.A.F., 1956)

Результаты опыта (24 часа)		
Поглощенный $\text{O}_2$ , литр		392,0
Произведенный $\text{CO}_2$ , литр		310,0
Экскреция N в моче, г		14,8
Тепло от обмена белка		
Белок окисленный, г	(14,8×6,25)	92,5
Производство тепла, кДж	(92,5×18)	1665
Использованный $\text{O}_2$ , литр	(92,5×0,96)	88,8
Произведенный $\text{CO}_2$ , литр	(92,5×0,77)	71,2
Тепло от обмена углеводов и жира		
Использовано $\text{O}_2$ , литр	(392-88,8)	303,2
Произведено $\text{CO}_2$ , литр	(310,7-71,2)	239,5
Не белковый RQ		0,79
Термальный эквивалент $\text{O}_2$ , когда RQ=0,79 кДж/литр		20,0
Производство тепла, кДж	(303,2×20)	6064
Общее производство тепла, кДж	(1665+6064)	7729

В некоторых условиях, которые будут обсуждаться позднее, продукция тепла должна определяться только по потреблению кислорода. Если респираторный коэффициент признан на уровне 0,82 и термальный эквивалент = 20, то отклонение от этого RQ в пределах от 0,7 до 1,0 вызывает отклонение, но не более, чем на 3,5% при определении теплопродукции. Дальнейшее упрощение возможно в отношении обмена белка. Термальный эквивалент кислорода, используемого для окисления белка, равен 18,8 кДж/литр, он не очень отличается от величины 20 кДж/литр для окисления углеводов и жира. Если небольшое количе-



ство продукции тепла происходит от окисления белка, то необязательно оценивать его отдельно и измерять количество азота мочи необязательно. Пример расчета продукции тепла из респираторного обмена показан в таблице 22. Если использовать уравнение Brouwer для респираторного обмена, то продукция тепла будет равной 7858 кДж.

Освоен метод измерения энергетики на отдельных органах и тканях животных. Основная методология такого измерения состоит в том, что катетеры помещают в кровеносные сосуды, снабжающие и омывающие органы, поток и состав крови определяют, для измерения поглощения кислорода и продукции  $\text{CO}_2$ , при этом измеряют потребление метаболитов.

Наиболее часто используются респирационные камеры, схематично изображенные на рисунках 22 и 24 простейшая камера закрытого циркуляционного типа состоит из непроницаемой комнаты для животного, сосудов, наполненных адсорбентом для поглощения  $\text{CO}_2$  и водяного пара. Камера включает устройство для кормления, поения и даже доения животного. Кислород, использованный животными, восстанавливается из регулируемых источников. К концу опытного периода (24 часа), произведенный  $\text{CO}_2$  измеряют путем взвешивания адсорбента, какое-либо количество произведенного метана измеряют путем анализа пробы воздуха на выходе из камеры. Главное неудобство этой камеры состоит в том, что требуется большое количество абсорбентов. Для коровы на каждый день 100 кг содовой извести, чтобы поглотить  $\text{CO}_2$ , и 250 кг силикагеля, чтобы поглотить воду.

Альтернативная открытая циркуляционная камера, через которую прогоняется воздух, при этом измеряется его скорость и берутся пробы для анализа на входе и выходе из камеры. Таким образом, продукция  $\text{CO}_2$ , метана и потребление  $\text{O}_2$  могут быть определены. Так как разница в составе между поступающим и выходящим воздухом может быть небольшой (если созданы нормальные условия для животного), необходимо очень точные измерения количества газов и его состава необходимы. Современное оборудование, основанное на инфракрасном анализе обеспечивает эти критерии и открытая – циркуляционная камера, чаще всего заменяет закрытые камеры.

С некоторыми камерами возможна альтернатива. Закрытая циркуляционная процедура возможна в течении 30 минут при никакой абсорбции газа, при этом происходят существенные изменения в составе воздуха в камере. Затем в короткий период (около 3 минут) производится открыто-циркуляционная операция, чтобы продуть воздушную камеру, взять пробу и измерить поток воздуха.

Респираторный обмен можно измерить без камеры, если животному установить на морду маску, которая соединяется с приборами для определения потребления только  $\text{O}_2$ , или потребленного  $\text{O}_2$  и выделен-

ного  $\text{CO}_2$ . Этот метод удобен на короткий период измерений, но не может использоваться для измерения тепла, когда животное ест. При более длительных опытах по обмену энергии в условиях пастьбы животных, теплопродукцию можно определить с относительной точностью по производству только  $\text{CO}_2$ . Последняя измеряется путем инфузии в жидкости тела источников радиоактивного  $\text{CO}_2$  ( $^{14}\text{C}$  бикарбоната натрия) и взятие жидкости тела для определения концентрации, до которой меченный  $\text{CO}_2$  разбавлен  $\text{CO}_2$ , произведенным животным.

### **Измерение баланса энергии методом баланса углерода и азота**

При респираторной калориметрии измеряют производство тепла, отложение энергии рассчитывают по разнице между потребленной ОЭ и продукцией тепла (как в табл. 23). Альтернативный подход состоит в более прямом определении отложения энергии, чтобы рассчитать теплопродукцию по разнице.

Основные вещества, в которых запасается энергия растущими и откармливаемыми животными, являются, белок и жир, резервы углеводов в теле небольшие и относительно постоянные. Количество откладываемых белка и жира можно определить по балансу углерода и азота, т.е. путем измерения количеств этих элементов, поступивших с кормом и выделенных из тела, и, таким образом, по разнице определить отложенные количества. Отложенная энергия затем может быть рассчитана путем умножения количеств отложенных белка и жира на их калорийность.

Как углерод, так и азот поступает в тело, единственно, в составе корма, азот покидает его только с калом и мочой. Углерод, однако, покидает тело еще и в составе метана и двуокиси углерода, поэтому балансовый опыт надо проводить в респираторной камере. Метод расчета усвоения энергии по балансу углерода и азота в наилучшем виде иллюстрируется на животном, у которого отложение как жира, так и белка имеет место. У такого животного потребление углерода и азота будет выше, чем экскретируется и животное, как говорят, находится в положительном балансе по этим элементам. Количество отложенного белка рассчитывают путем умножения азота на 6,25, приняв при этом, что в теле содержится 160г N/кг белка. Белок также содержит 512 г C/кг. Остальной углерод относится к отложенному жиру. Отложение жира рассчитывают путем разделения баланса углерода при меньшей доле на отложенный белок, используя коэффициент 0,746. Энергию, в отложенных белке и жире рассчитывают, используя средние калориметрические показатели для тканей тела. Эти величины варьируют от одного вида к другому, для крупного рогатого скота и овец они составляют 39,3МДж/кг жира и 23,6МДж/кг белка. Пример такого метода расчета баланса энергии и теплопродукции дан в таблице 23.

Преимущество метода баланса углерода и азота состоит в том, что не требуется измерения потребления  $O_2$  или наличия RQ и в том, что отложение энергии разделяется в виде откладываемого белка и в виде жира.

Таблица 23. Расчет отложения энергии и продукции тепла у овцы по балансу углерода и азота ( Blaxter K.L. and Graham N McC 1955)

Результаты опыта (24часа)	C(г)	N(г)	Энергия (МДж)
Потребление	684,5	41,67	28,41
Экскреция в кале	279,3	13,96	11,47
Экскреция в моче	33,6	25,41	1,50
Экскреция в метане	20,3	-	1,49
Экскреция $CO_2$	278,0		
Баланс	73,3	2,30	
Отложение белка и жира:			
Отложенный белок, г		(2,30×6,25)	14,4
Углерод, отложенный как белок, г		(14,4×0,512)	7,4
Углерод, отложенный как жир, г		(73,3-7,4)	65,9
Отложенный жир		(65,9/0,746)	88,3
Отложенные энергия и продукция тепла:			
Энергия, отложенная в виде белка, МДж		(14,4×23,6)	0,34
Энергия, отложенная в виде жира, МДж		(88,3×39,3)	3,47
Общее отложение энергии, МДж		(0,34+3,47)	3,81
Продукция тепла, МДж		(13,95-3,81)	10,14

### Определение отложения энергии методом убоя

Отложение энергии можно, измерить в кормовых опытах, если содержание энергии в целом теле животного определить в начале и в конце опыта. При использовании метода сравнительного убоя, это делают на двух группах животных. Одну убивают в начале опыта. Содержание энергии в образцах тела забитой группы определяют сжиганием в калориметрической бомбе или путём анализа. Исследуемая на состав проба берется от целого животного, которое размалывают, или от отдельных тканей после их разделения и взвешивания. Соотношение между живой массой животного и содержанием в нём энергии используется для знания содержания энергии в теле в начале опыта. Животных второй группы забивают в конце опыта и определяют содержание энергии во всём теле и в приросте за период кормления, путём расчета по количеству отложенного белка и жира и их энергетической ёмкости, или путём сжигания образцов в калориметрической бомбе.

Метод убоя менее удобен на крупных животных и дорого обходится. Метод становится менее затратным, если состав тела и, следовательно, содержание энергии можно измерить на живых животных или убитых, но в целой туше, не разделенной на части. Разработано несколько методов для определения состава тела *in vivo*. Методы состоят в том, что постная масса «пустого» тела (без содержимого пищевари-

тельного тракта и мочи) является более постоянной по составу. Например, у коровы 1 кг постной массы тела содержит 729 г воды, 216 г белка и 55 г золы. Это означает, что если количество воды в живом животном можно измерить, то количество белка и золы можно рассчитать. Кроме того, если общий вес известен, вес жира можно определить вычитанием постной массы тела. В практике общий вес воды определяют с помощью так называемой техники «разбавления», при которой известное количество маркерного вещества инъецируется в животное, после полного разбавления маркера водой тела, определяется его концентрация. Наиболее используемой средой для маркерного вещества является вода, содержащая радиоактивный изотоп водорода, трития или их тяжелый изотоп дейтерий. Трудность этих методов состоит в том, что маркеры смешиваются не только с водой тела, но также с водой, присутствующей в пищевом тракте (у жвачных почти 30% общей воды тела может быть в пищевом тракте). Второй химический метод определения состава тела *in vivo* основан на постоянстве концентрации калия в постной части тела.

Таблица 24. Расчет баланса энергии = ВЭ-Экл-Эм-Эметана-Эпод-Эпт

Корм	Кол-во, кг		Содержится валовой энергии, МДж		Содержание СВ, %
	Нат.влажности	СВ	в 1 кг СВ	всего	
1. Принято в рационе					
Сено суданки	1,0	0,865	18,1	15,65	86,5
Сенаж люцерновый	4,0	1,800	17,9	32,22	45,0
Силос кукурузный	18,0	4,878	18,5	90,24	27,0
Дерть ячменя	4,0	3,520	18,5	65,12	88,0
Всего принято, кг	27,0	11,063		203,23	
Всего принято энергии (ВЭ)				203,23	
2. Выделено					
Кал (сухое в-во)		3,39	16,8	56,95	
Моча (сухое в-во)		0,61	12,3	7,50	
Метан	0,285		56,0	15,96	
Всего выделено (энергия кала, метана, мочи)= 80,41					
Расход энергии на поддержание жизни (Эпод)=56,18					
Расход энергии на приращение тепла (Эпр.т.)=4,24					
Энергия теплопродукции (Этп)=60,42					
Затраты ВЭ на продукцию=203,23-80,41-60,42=62,4					
3. Отложено в теле (данные расчетов баланса азота и углерода)					
Белок, кг		0,155	23,6	3,66	
Жир, кг		0,277	39,3	10,89	
Энергия продукции (Эпр)				14,55	
Баланс энергии				60,42	

$$ОЭ=0,6 \times ВЭ=60,42 \times 0,5=30,21 \text{ МДЖ}$$

$$Э_{пр}=0,48 \times ОЭ=30,21 \times 0,48=14,50 \text{ МДЖ}$$

Состав тела часто определяют без разделки или химанализа по их специфической силе тяжести (gravity). Жир имеет заметно более низкую силу тяжести (удельный вес при погружении в воду), чем кости и мускулы, и чем жирнее тело, тем будет ниже специфическая гравитационная сила тяжести, которую определяют взвешиванием на воздухе и в воде, однако этот метод имеет технические трудности (например, воздушные ловушки под водой), которые делают метод неточным. Несмотря на эти трудности, методы сравнительного убоя и специфической гравитации используют при оценке кондиций, обработке состава рационов и системы кормления

### **Проверочные вопросы:**

1. Что такое калория и джоуль? Назовите энергетическую емкость 1 г белка, 1 г жира, 1 г крахмала, 1 г сахара, 1 г целлюлозы.
2. Что понимается под валовой энергией? Методы определения валовой энергии корма.
3. Понятие и методы определения переваримой энергии корма.
4. Что представляет собой обменная энергия? Методы и формулы расчета обменной энергии в корме для разных видов животных.
5. Какое количество МДж ОЭ энергии в 1 ЭКЕ?
6. Что представляет собой чистая энергия?
7. Методы изучения обмена веществ и энергии в организме.
8. Баланс энергии в организме, напишите уравнение баланса энергии.
9. Что такое энергия поддержания, на какие функции организма животных требуется энергия на поддержание?
10. Что представляет собой тепловое приращение и теплопродукция?
11. Какие корма содержат много обменной энергии и почему?
12. Какие корма содержат среднее количество обменной энергии и почему?
13. Какие корма содержат мало обменной энергии и почему?
14. Как перевести ПЭ в ОЭ у свиней, крупного рогатого скота и птиц?

## **Белковое и аминокислотное питание сельскохозяйственных животных**

### **Структура и аминокислотный состав белков**

Белки – это сложные органические соединения с молекулярной массой от 5000 до 1000000 Дальтон. Они состоят из аминокислот. Известно более 200 аминокислот, однако, природные белки включают только 20 аминокислот. От углеводов и жиров белки отличаются тем, что в их молекуле содержится азот и сера.

### **Классификация белков**

Белки классифицируют по следующим признакам: химическому составу, функциональным свойствам, структуре (форме) белковых молекул. Кроме того, белки зерна - по растворимости в разных химических средах.

### **По химическому составу**

По химическому составу белки классифицируют в две основные группы: простые и сложные.

**Простые белки** состоят только из аминокислот. Они составляют подавляющую массу белков животного и растительного мира и представлены белками клеток, тканей, органов животных, растений, микроорганизмов. Это и иммунные тела, белки крови, гормоны, ферменты. Белки пищи, кормов, молока, яиц, мяса представлены в основном простыми белками, состоящими только из аминокислот. Вместе с тем, простые белки различаются друг от друга по числу аминокислотных остатков, молекулярной массе, последовательности и количеству тех или других аминокислот в белковой молекуле.

**Сложные белки**, кроме аминокислот, имеют в своем составе небелковую часть, называемую простетической группой. Примеры наиболее важных сложных белков: гликопротеины, липопротеины, фосфопротеины, хромопротеины, нуклеопротеины.

**Гликопротеины** – это белки с одним или более гетерогликаном в качестве простетической группы. У большинства гликопротеинов гетерогликаны содержат гексозамин, это глюкозамин или галактозамин, или оба; кроме того, галактоза и манноза могут присутствовать. Гликопротеины являются компонентами слизистой пищеварительного тракта, где действуют как смазка. Запасной белок в яйце белый овальбумин является гликопротеином.

**Липопротеины** – белки, связанные с липидами, такими как триацилглицериды и холестерин, которые являются соединением, обеспечивающим транспорт липидов в кровяной поток, в ткани или для окси-

дации и запасания жира. Их можно классифицировать в пять главных категорий в увеличивающемся порядке по плотности: хиломикроны с очень низкой плотностью липопротеинов (ОНПЛ), низкоплотные липопротеины (НПЛ), среднеплотные (СПЛ) и высокоплотные (ВПЛ).

**Фосфопротеины** содержат фосфорную кислоту как простетическую группу, есть в казеине молока и фосфитине яичного желтка.

**Хромопротеины** содержат пигмент в качестве простетической группы. Примеры: гемоглобин, цитохромы, в которых содержится гем и флавины, соответственно.

**Нуклеопротеины**, у которых простетической группой белка являются рибонуклеиновые кислоты (РНК).

### **По функциональным свойствам**

Белки в организме животных и в растениях делят на функциональные и структурные. К функциональным относят ферменты, гормоны и многие другие. К структурным в растениях запасные белки семян, у животных – белки покровных тканей – кератины, волосы, шерсть, перья, рога, копыта.

Каждый белок выполняет свою узкоспециализированную функцию. Например, белок миозин, составляющий 50% мускульных белков играет важную роль в сокращении мышц, являясь одновременно ферментом АТФазой, так как катализирует расщепление АТФ до АДФ, обеспечивая тем самым мускулы энергией.

### **По форме белковой молекулы**

**Фибриллярные белки.** Эти белки в большинстве случаев играют структурную роль в клетках и тканях животных, они нерастворимы и очень устойчивы к протеолитическим ферментам. Они состоят из длинных цепей, соединенных вместе поперечными связями. Коллагены являются главными белками соединительных тканей и составляют до 38% белка в теле животного. Как подчеркивалось ранее, аминокислота оксипролин является основным компонентом коллагена. Гидроксилация пролина до гидроксипролина ослабляется с возрастом животных, это может привести к увеличению экссудата и поражению кожи. Триптофан не найден в коллагене.

**Эластин** – найден в эластичных тканях, таких как сухожилия и артерии. Полипептидная цепь эластина богата аланином и глицином. Она содержит поперечные связи, включающие боковые цепи лизина, который защищает белок от чрезмерного растягивания и способствует обратному возврату к нормальной длине после растяжения.

**Кератины** – классифицируются в два типа:  $\alpha$  – кератины являются главным белком шерсти и волос,  $\beta$  – кератин находится в перьях, коже, клювах, чешуе большинства птиц и рептилий. Белки очень богаты

серусодержащей аминокислотой цистеином, белок шерсти, например, содержит около 4% серы.

**Глобулярные белки.** Они называются так потому, что их полипептидные цепи свернуты в компактные формы в виде глобул шаровидной формы. Эта группа включает в себя все ферменты, антитела и гормоны, которые являются белками. Первая подгруппа глобулярных белков – альбумины, являются водорастворимыми белками, коагулирующими под действием температуры. Большое количество их находится в молоке, крови, яйцах и многих растениях.

**Гистоны** – белки со свойствами оснований, присутствуют в клеточном ядре, где связаны с дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК). Они растворимы в солевых растворах и не коагулируются теплом, содержат много аргинина и лизина.

**Протамины** – белки, обладающие основными свойствами, с относительно низкой молекулярной массой, связанные с нуклеиновыми кислотами и имеющиеся в большом количестве в мужских половых клетках (сперматозоидах, молоке и икре рыб). Протамины богаты аргинином, однако, не содержат тирозина, триптофана и серусодержащих аминокислот.

**Глобулины** – обнаруживаются в молоке, яйцах и крови, являются главным резервным белком во многих семенах, особенно бобовых – сое, горохе и других.

### Структура белковой молекулы

Несмотря на то, что глобулярные и фибриллярные белки в целом отражают внешнюю форму белков, однако, такая классификация не является удобной для заключения о разнообразии организации белковой структуры.

Современный подход в понимании структуры белковой молекулы, основан на внутримолекулярных взаимодействиях аминокислот.

Белковая молекула может находиться в различной пространственной конфигурации в естественных условиях. Говоря о конфигурации (конформации), подразумевается размер, форма, упакованность полипептидной цепи. От этих свойств зависят активность ферментов, питательные и технологические свойства продуктов.

Имеется несколько типов химического и физического взаимодействия, которые вместе влияют на размер, форму, и физико-химические свойства белков. Два основных типа связей между аминокислотными остатками в белковой молекуле – ковалентные связи и физические силы.

К ковалентным связям относится пептидная  $-C(O)-NH-$  и дисульфидная  $-S-S-$  связь. Пептидная связь очень прочная и требуется химическая реакция для ее разрыва.



Две важные, в отношении полярности, аминокислоты – цистеин и цистин. Цистеин содержит сульфгидрильную SH-группу – весьма полярную, которая ионизирует в щелочной среде. В присутствии окислителей, например воздуха, два близких цистеиновых остатка окисляются до цистина с ковалентной дисульфидной связью S-S.

Физические силы включают электростатические взаимодействия, водородные и гидрофобные связи. К электростатическим (ионным) взаимодействиям следует отнести взаимодействие отталкивания равнозаряженных частей белковых молекул или притяжения разнозаряженных. Наиболее полярными боковыми цепями аминокислотных остатков являются кислые группы глютаминовой и аспаргиновой кислот в виде свободных карбоксильных групп, которые в нейтральных и щелочных растворах ионизируются и дают отрицательный заряд белку.

Физические связи менее прочны и могут быть разрушены специфическими растворителями, изменением температуры и pH среды, увеличением концентрации соли.

Основные аминокислоты – лизин, гистидин, аргинин имеют концевые группы, способные присоединить водородный ион в нейтральной или кислой среде, и образуют положительный заряд на белковой молекуле. Высокое содержание основных и кислых аминокислот в альбуминных и глобулинах обеспечивает их гидрофильность, т.е. хорошую растворимость в водной среде.

Гидрофобные связи являются наиболее причинными для сжатия белковых молекул. Примером гидрофобных связей является образование масляных капель на поверхности воды. Длинные неполярные углеводородные цепочки масла предпочитают свое собственное окружение окружению полярной воды. Подобно этому цепи неполярных аминокислот имеют тенденцию соединяться с другими неполярными группами в молекулах белка, выталкивая из пространства между ними воду. Неполярные аминокислоты – валин, изолейцин, фенилаланин, пролин, аланин, глицин. Их боковая цепь состоит единственно из  $\text{CH}_3$  групп водорода.

Белки, богатые неполярными соединениями не растворяются в полярной среде, и только органические растворители способны их диспергировать. Такие растворители, как этанол помогают растворять проламины зерна, богатые неполярными аминокислотными остатками.

На основе этих взаимодействий структуру белковой молекулы классифицируют на первичную, вторичную, третичную и четвертичную.

**Первичная структура** – определяется линейной последовательностью аминокислотных остатков, составляющих полипептидную цепь белковой молекулы. При этом основной связью является ковалентная пептидная связь. В этом случае конфигурация белковой молекулы мо-

жет быть представлена длинной цепью с определенной последовательностью связанных аминокислотных остатков.

**Вторичная структура** включает 3 вида состояния белка:  $\alpha$ -спираль,  $\beta$ -слой, обратный изгиб. Для глобулярных белков совсем недавно в пределах вторичной структуры обнаружена новая категория – это сегмент полипептидной цепи, напоминающий петлю наподобие греческой буквы омега  $\Omega$ . Вторичная структура определяется нековалентными связями, образующимися за счет водородных связей между отдельными участками полипептидной цепи. В один виток  $\alpha$ -спирали входит 3,6 аминокислотных остатков. К этому классу структурной организации белковой молекулы относят кератиновые, миозиновые, эпидерминовые, фибриновые, коллагеновые белки.

**Третичную структуру** связывают с упакованностью спиралевидной полипептидной цепочки до сферического состояния. На упакованность белка в значительной мере влияют ковалентные дисульфидные связи цистеиновых остатков, соединяющих между собой отдельные участки полипептидной цепи. Помимо этого на третичную структуру влияют гидрофобные взаимодействия, определяемые силами Ван дер Вальса при сближении или отталкивании неполярных частей полипептидных цепочек. В результате наблюдается разная степень взаимодействия с окружающей водой. Гидрофобные нековалентные связи играют важную роль в создании и стабилизации структуры, специфичной для каждого белка.

**Четвертичная структура** определяется наличием в белковой молекуле нескольких субъединиц (полипептидных цепочек), связанных между собою нековалентными связями – водородными, ионными, гидрофобными. Классическим примером такого белка является гемоглобин, состоящий из 4-х полипептидных цепочек, каждая из которых связана с атомом железа, заключенном в соединение, называемом гемом. Характерной особенностью белков четвертичной структуры является их обратимая диссоциация на субъединицы в определенных условиях.

### **Биологическая активность белка**

Характер конформации белка имеет большое значение в проявлении биологической активности, в частности, активности ферментов, физических и технологических свойствах белковых продуктов.

Каталитическое взаимодействие фермента с субстратом происходит между активным центром фермента и атакуемым участком молекулы субстрата. В этом случае возможность взаимодействия фермента с субстратом в значительной мере определяется характером упакованности молекул обеих и доступностью активных группировок к сближению.

В простейшем подходе денатурацию белка можно рассматривать как изменение нативной конформации белка и потерей функциональных свойств. Денатурация не сопровождается разрывом пептидных связей под действием разных факторов – повышенной температуры, кислотой или щелочной среды, действия ионов тяжелых металлов и других веществ. Денатурированные белки в воде не растворяются. При этом происходит нарушение вторичной, третичной и четвертичной структуры и потеря активности ферментов. Денатурация белка имеет место под воздействием соляной кислоты желудочного сока у животных и человека. Белковая молекула как бы разворачивается, принимая вид беспорядочного клубка. Активные участки полипептидной цепочки становятся доступными действию ферментов.

Касаясь растительных белков, необходимо отметить исключительно важное значение конформации белковой молекулы на ее химико-физические свойства. Концевые группы аминокислот в результате внутримолекулярных взаимодействий обеспечивают определенные показатели растворимости, упругости, эластичности. И это отражается на технологических и пищевых свойствах продуктов питания, имеющих разные по своим свойствам белки. Например, хорошее или плохое тесто обусловлено именно структурными свойствами белков пшеничной муки.

Растительные продукты сейчас подвергаются существенным воздействиям со стороны человека: уборка зерновых и других культур, их переработка (сушка, экструдирование, силосование, варка), хранение, перевозка, продажа и др. При этом важно сохранить или улучшить качество продуктов.

### **Классификация растительных белков по растворимости**

Т. Б. Осборн разработал методику экстракции зерновых белков и в 1907 г. предложил их классификацию по принципу растворимости. При последовательной обработке муки зерна водой, разбавленным 5-10 %-ым раствором NaCl, 70 %-ым водным спиртом и 0,1-0,2 %-ым раствором NaOH, им были экстрагированы белковые фракции, названные соответственно, альбуминами, глобулинами, проламинами и глютелинами. Каждая из этих фракций состоит из десятков белковых компонентов, различающихся по молекулярной массе и аминокислотному составу.

К запасным белкам относят проламины и глютелины, они локализованы в эндосперме и не обладают ферментативной активностью. Альбумины и глобулины представлены, в основном, ферментами. Наиболее значительная часть альбуминов и глобулинов локализована в зародыше и алейрновом слое. Они входят в состав мембран субклеточных органоидов зерна, образуют белки рибосом, митохондрий, эндоплазматического ретикулума. В сложных белках – нуклеопротеидах,

липопротеидах, фосфопротеидах и других – белковая часть представлена альбуминами и глобулинами.

Наибольшую часть белков зерна злаковых и бобовых (до 80 %) составляют запасные белки. У бобовых они представлены, главным образом, солерастворимой фракцией (глобулинами), а у злаковых спирторастворимой (проламинами) и щелочерастворимой (глютелинами) (таблица 25).

Высокое содержание проламинов характерно для зерна сорго, просо, кукурузы, твердой и мягкой пшеницы, ячменя.

Таблица 25. Содержание белковых фракций в целом зерне злаковых и бобовых культур (азот фракций в % от общего азота зерна)

Культура	альбумины	глобулины	проламинаы	глутелины
Пшеница	16,1	12,4	28,3	23,5
Рожь	21,3	12,1	27,1	20,3
Ячмень	6,1	7,2	39,7	24,5
Кукуруза	8,9	4,4	27,8	37,5
Сорго	4,9	6,1	47,1	29,0
Овес	7,5	31,2	13,7	32,1
Соя	73,0	6,0	-	5,0
Горох	41,0	28,0	-	10,0

Более полноценными по аминокислотному составу являются альбумины и глобулины, но их доля в зерне невелика. Основную массу белка составляют проламинаы и глутелины, однако эти фракции очень бедны лизином. Именно поэтому суммарный белок злаковых культур обладает низкой биологической ценностью (Таблица26).

Таблица 26. Содержание лизина, метионина и триптофана в белковых фракциях зерна злаковых культур, %

Аминокислоты	Пшеница	Ячмень	Кукуруза	Рожь
Суммарные альбумины				
Лизин	3,9	4,5	5,1	4,2
Метионин	1,8	2,0	1,5	3,3
Триптофан	1,6	1,8	2,0	1,6
Суммарные глобулины				
Лизин	3,0	4,7	6,0	-
Метионин	1,1	1,1	1,2	-
Триптофан	1,2	1,1	0,8	-
Суммарные проламинаы				
Лизин	0,7	1,0	0,2	0,7
Метионин	1,2	1,4	0,9	0,8
Триптофан	0,7	1,1	0,1	0,5
Суммарные глутелины				
Лизин	1,7	4,0	2,4	2,3
Метионин	1,6	1,9	3,1	1,4
Триптофан	0,8	1,3	0,9	1,4

Представляет интерес посмотреть как выглядят в натуральной клетке эндосперма зерна кукурузы, проламиновые белки (обозначенные как белковые тела) и глютелины (обозначенные как белковый матрикс) (рис. 26, 263). При переработке зерна кукурузы белковые тела и частично белковый матрикс становятся высокобелковым кормом – кукурузным глютенем.

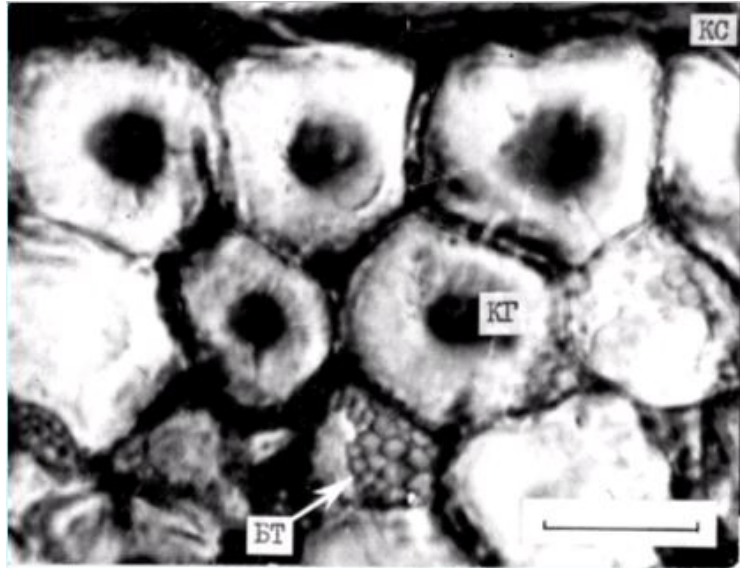


Рисунок 25. Снимок (электронный микроскоп) среза клетки эндосперма кукурузы БТ-белковые тела, состоящие из молекул зеина. КГ – крахмальные гранулы. Маштаб:20мкм (Филичкин С. 1983).

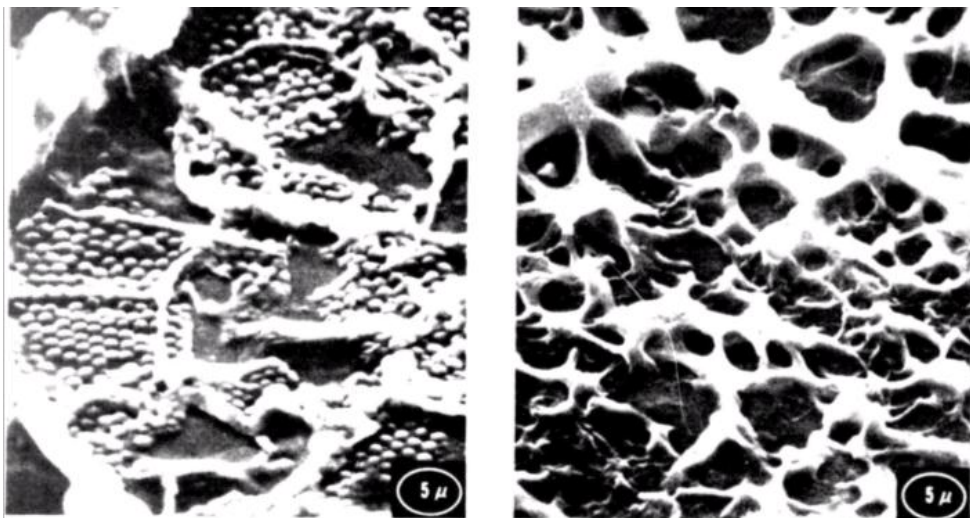


Рисунок 26. А) Белковые зеиновые тела эндосперма кукурузы, вид после удаления крахмала амилазой, Б) Белковый матрикс (в основном состоит из глютелинов) эндосперма высоколизиновой кукурузы, вид после удаления крахмала амилазой, зеиновых тел спиртом (Wall J.S. 1975).

## **Аминокислотный состав белков**

### **Незаменимые и заменимые аминокислоты**

Еще в конце 18 века в научных исследованиях отмечали существенные различия между разными белковыми продуктами на рост и состояние здоровья молодых животных и человека. В конце 19- начале 20 века было установлено что белки состоят из аминокислот и различаются по их составу.

В результате работ Т. Осборна и Л. Менделя, 1914, в последующем Роуза (1935) и других было установлено, что почти половина аминокислот являются незаменимыми, так как не могут образоваться в организме человека и животных в сколько-нибудь значительных количествах и должны обязательно поступать с пищей. Другая ситуация у бактерий, растений и грибов. Бактерии и все растения синтезируют все аминокислоты из простых предшественников – углеводов и аммиака. По-видимому, в процессе эволюции животные потеряли часть ДНК, контролирующих синтез незаменимых аминокислот.

### **Незаменимые аминокислоты**

К незаменимым относятся: лизин, метионин, триптофан, треонин, изолейцин, лейцин, валин, фенилаланин, аргинин, гистидин (таблица 27). Цистеин и тирозин относят к полунезаменимым, так как первый образуется в процессе обмена из метионина, второй – из фенилаланина. При недостатке в рационе метионина и фенилаланина нарушается, соответственно, образование цистеина и тирозина, в результате может возникнуть их дефицит, так как других предшественников их образования в организме нет. В организме присутствует только цистеин. В неживых веществах две молекулы цистеина объединяются в одну молекулу цистина, в результате окисления SH групп и образования дисульфидной связи S-S. Считается, что количество фенилаланина в рационах цыплят должно составлять не менее 58 % от потребности фенилаланин+тирозин, количество метионина 50 % от суммы метионин+ цистин. Для человека, мышцы аргинин не считается незаменимой аминокислотой. Что касается гистидина, то его потребность для взрослых людей не установлена. Для цыплят 11-ой незаменимой аминокислотой называют глицин.

Кошка является уникальной особью среди млекопитающих по отношению к аминокислотам. Обнаружено, что на диете без аргинина они погибают в результате гипераммонемии, рвоты, тетанических спазмов. По-видимому, кошки не способны синтезировать орнитин, поэтому нуждаются в аргинине. У кошек так же обнаружилась специфическая потребность в таурине, роль которого связана с предотвращением де-

градации ретинола в сетчатке глаз. У птиц абсолютная незаменимость аргинина из-за отсутствия цикла мочевинообразования.

Таблица 27. Незаменимые и заменимые аминокислоты

Аминокислоты	Крыса (19)	Собака (20-21)	Мышь (19)	Цыпленок (19)	Поросенок (190)	Человек взрослый (13)	Рыба (лосось)	Ребенок	Котенок
Лизин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Метионин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Триптофан	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Валин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Изолейцин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Лейцин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Треонин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Фенилаланин	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Гистидин	+	-	+	+	+	-	+	+	+
Аргинин	+	-	±	+	±	-	+		
Таурин	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Цистин	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-		
Тирозин	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-		
Аланин	-	-	-	-	-	-	-		
Аспарагиновая к-та	-	-	-	-	-	-	-		
Аспарагин									
Глицин	-	-	-	±	-	-	-		
Пролин	-	-	-	±	-	-	-		
Серин	-	-	-	-	-	-	-		
Глутаминовая к-та	-	-	-	±	-	-	-		
Глутамин	-	-	-	±	-	-	-		

+ незаменима; - заменима; ± заменимые, но необходимы для быстрого роста молодых животных (условно заменимые); +/- полунезаменимая.

### Симптомы дефицита незаменимых аминокислот

Отсутствие или недостаток в диете какой-либо аминокислоты по-разному действует на животных. Цыплята, в диете которых не было валина, погибали на 13-й день, изолейцина – 16-й день, треонина, лейцина – 22-й день, метионина – 24-й день, аргинина – 25-й день, фенилаланина – 35-й день, триптофана – 38-й день, лизина – 50-й день, гистидина – 61-й день (Лестерхаут, 1960).

При удалении на 50% одной из незаменимых аминокислот из синтетической диеты отрицательный рост был получен от снижения треонина (прирост в контроле за 14 дней 25 г/голову, в группе, где снижен треонин – 0,8 г). При уменьшении доли других аминокислот рост по отношению к контролю снижался в %: лейцин – 96, метионин – 74,

изолейцин – 65, лизин – 47, валин - 44, фенилаланин – 42, гистидин – 29, аргинин – 26, триптофан -12. (Aojama, Ashida, 1975) Эти данные свидетельствуют о том, что незаменимые аминокислоты чрезвычайно различаются друг от друга по характеру метаболического поведения. Аминокислоты являются не только блоками, из которых строится белковая молекула, и обладают разной способностью к реутилизации в процессе основного обмена, но играют определенную роль в нейрогуморальной регуляции обменных процессов организма.

Нарушения в организме из-за острого дефицита на уровне 50-70% или полного отсутствия отдельных аминокислот изучались в лабораторных условиях на искусственных и полусинтетических диетах. Приведем данные по некоторым аминокислотам.

**Лизин.** Резкое ухудшение аппетита, остановка роста, анемия, снижение в крови общего белка и гамма-глобулинов, истощение мускульной ткани; увеличение содержания в теле воды, снижение содержания белка и жира в печени; недостаточная кальцификация костей, недоразвитость эпифизарных хрящей, кариес зубов, нарушение условно-рефлекторной деятельности центральной нервной системы, нервозность, неустойчивость движений; у самок снижается оплодотворяемость яйцеклеток, молочность, концентрация гормона плацентарного гонадотропина; огрубление кожно-волосного покрова, взъерошенность, чесоточная кожа.

**Триптофан.** Потеря аппетита и снижение веса животных. Помутнение роговицы глаз, катаракта, выпадение шерсти, поражение зубов, анемия, потеря воспроизводительной способности.

**Метионин.** Ожирение печени и почек, снижение активности протеолитических ферментов поджелудочной железы. Анемия, истощение. Нарушение гормональной деятельности коры надпочечников.

Метионину придают значение как липотропному фактору и «возможному терапевтическому действию синтетического препарата DL – метионин» для снижения ожирения печени, уровня холестерина в крови.

**Гистидин.** Резкое снижение уровня гемоглобина. Не наблюдается резкого снижения веса цыплят до момента гибели на диете без гистидина.

**Аргинин.** Атрофия семенников, снижение концентрации сперматозоидов. Ухудшение всасывания Ca в кишечнике.

**Треонин.** Снижение уровня липазы и амилазы поджелудочной железы, вместе с тем мало влияет на их активность.

**Валин.** Ожирение печени, атрофия поджелудочной железы, селезенки, слюнных желез. Нарушение нервной деятельности, расстройство координации движений.

**Изолейцин, лейцин.** Потеря аппетита, исхудание, нервозность.



**Заключение.** Поскольку в обычных условиях потребность в аминокислотах у человека и животных обеспечивается за счет естественных источников белка, полное отсутствие какой-то из них практически невозможно. Исключением может явиться острый дефицит лизина, когда в кормлении используется только зерно злаковых культур – пшеницы, кукурузы, сорго, проса – или продукты из них без какого-либо потребления полноценных по аминокислотам белковых кормов животного происхождения или сои. Характерным признаком острого дефицита лизина – плохой аппетит, повышенная восприимчивость к инфекционным заболеваниям. Острый дефицит одновременно лизина и триптофана наблюдается в условиях, когда основным источником питания является кукуруза.

### **Заменимые аминокислоты**

К заменимым относятся: аланин, глицин, серин, глутаминовая кислота, глутамин, аспарагиновая кислота, аспарагин, пролин, цистин, тирозин.

Нельзя думать, что человек и животные могут легко обходиться без заменимых аминокислот. опыты показали, что на диетах, составленных только из незаменимых аминокислот, цыплята, белые крысы росли намного хуже по сравнению с тем, когда 40-50% незаменимых аминокислот компенсировали заменимыми.

Отмечается ухудшение роста цыплят при отсутствии в их рационе глутаминовой кислоты и пролина. В опытах на беременных крысах, из диеты которых исключали аспарагин, было установлено, что рождаемое потомство было малочисленное и слабое. В стволе мозга новорожденных отмечено пониженное содержание белка и холестерина.

Весьма значительна роль глутамин в организме человека и животных. Отмечено, что потребление диеты с глутамином способствует повышению дыхательной способности пролифилирующих энтероцитов и лимфоцитов, регулированию кислотно-щелочного баланса. Глутамин является переносчиком азота между тканями, важным предшественником нуклеиновых кислот, нуклеотидов, аминсахаров и белков. При стрессовых ситуациях потребность человека и животных в глутамине превышает их способность производить эту аминокислоту в достаточном количестве.

Некоторые исследователи склонны относить глутамины в разряд незаменимой аминокислоты. Кстати, самое высокое содержание глутамин характерно для белков пшеничной клейковины. Оно превышает содержание его в мясе, молоке, яйцах в 4 – 8 раз.

Ясно одно, что заменимые аминокислоты нельзя игнорировать при анализе данных аминокислотного состава различных объектов и при организации питания человека и животных. Поэтому, важно при-

держиваться определенных параметров оптимального соотношения между суммой незаменимых аминокислот (НАК) к сумме заменимых (ЗАК) в диетах и кормах для животных. В наиболее полноценных продуктах отношение НАК/ЗАК (без учета полунезаменимых цистина и тирозина) таково: в белке говядины в пределах 0,96 – 1,10, свинины – 1,04, рыбе – 1,14, яйца – 1,70, молока человека – 0,88, коровьего молока 0,96. Концепция оптимального соотношения НАК/ЗАК для оптимального роста животного и, следовательно, биосинтеза белка изучалась весьма интенсивно. Считают оптимальным соотношением для поросят НАК/ЗАК - 1 -1,22, крыс 1 – 2, индюшат 0,4 – 0,5.

Важность обеспечения ЗАК заключается в том, что некоторые НАК медленно трансформируются в ЗАК, которые бывают срочно необходимы при высоком уровне продуктивности, когда эндогенная синтетическая способность аминокислот и метаболическая доступность нужного предшественника ограничена. Примерами таких условно незаменимых аминокислот могут быть аргинин, пролин, глютамин, глютаминовая кислота.

Классическое представление о заменимости является слишком упрощенным. Считают, что заменимость определяется только особенностью углеродного скелета, а не функциональными группами  $\text{NH}_2$  и  $\text{COOH}$ . Между тем, в опытах с меченым  $^{15}\text{N}$  было показано, что существует специфичность переноса аминных групп между аминокислотами. На этой основе только лизин и треонин рассматриваются как абсолютно незаменимые аминокислоты. Аланин, глютаминовая и аспарагиновая кислоты, которые образуются из легко доступных промежуточных продуктов относятся к истинно заменимым. Все другие заменимые аминокислоты являются условно незаменимыми, так как образуются из незаменимых аминокислот или показывают случаи, когда потребность в них превышает способность их синтеза.

### **L- и D-аминокислоты**

Аминокислоты натуральных белков имеют одинаковую конфигурацию у  $\alpha$ -углеродного атома L конфигурацию. Это обозначение применяется для всех природных аминокислот. В природе встречаются аминокислоты, имеющие D конфигурацию. Но их количество слишком мало.

Производное сразу D- и L- форм – DL-аминокислоты получают в результате химического синтеза. Это так называемая рацемическая смесь, состоящая из равного количества двух оптически активных антиподов.

В обиходе часто наблюдается путаница, когда L- формы причисляют к левовращающим, а D- формы - к правовращающим. В действительности почти половина природных аминокислот вращает пучок по-

ляризованного света в водном растворе вправо, что и обозначается знаком (+), другая половина – влево и обозначается знаком (-). В то же время L- и D- конфигурацию определяют при сравнении с конфигурацией глицеринового альдегида, принятого за стандарт.

Если замещающие группы при  $\alpha$ -углеродном радикале аминокислот имеют то же расположение в пространстве, как и у глицеринового альдегида, то причисление аминокислот к L- или D- ряду будет определяться и их соответствием к L- или D- глицериновому альдегиду.

Необходимость знания формы аминокислот обусловлена их различной способностью усваиваться организмами животных и человека и использоваться для синтеза белка. Примечательно, что L- аминокислоты в большинстве безвкусные или горькие, а D- аминокислоты – сладкие. L- глутаминовая кислота обладает запахом и вкусом мяса. Глицин, который оптически неактивен, обладает сладким вкусом, сходным со вкусом сахара.

При испытаниях на крысах и цыплятах D- изомеров аминокислот обнаружено, D- формы метионина, цистина, фенилаланина, тирозина одинаково используются как и L- формы когда даются в виде DL- рацемата. D- формы лизина, треонина и изолейцина совершенно не используются. D- триптофан используется на 58-60% поросятами.

Таблица 28. Эффективность изомеров и аналогов аминокислот в % от действия их L – изомеров

Аминокислоты	Цыплята	Крыса	Мышь	Собака	Свинья
D-лизин	0	0	0	-	-
D-треонин	0	0	0	-	-
D-триптофан	20	100	30	35	80
D-метионин	90	90	75	100	100
DL-метионин	95	95	88	100	100
DL-ОН-метионин	80	-	70	-	100
Кето-метионин	90	-	-	-	-
N-ацетил-L-метионин	100	100	90	100	-
D-аргинин	0	0	-	-	-
D-гистидин	10	10	10	-	-
D-лейцин	100	50	15	-	-
D-валин	70	15	5	-	-
D-изолейцин	0	-	-	-	-
D-фенилаланин	75	70	-	-	-
L-ОН-фенилаланин	70	50	-	-	-
Кето-фенилаланин	85	65	-	-	-
D-тирозин	100	100	-	-	-

Крысы частично используют D- формы валина, гистидина и аргинина. Цыплята почти не используют D- формы аргинина, гистидина, валина, триптофана, но хорошо растут при наличии D- лейцина.

Способность использовать D- формы связана с наличием или отсутствием в почках ферментов, способных превращать их в соответствующую  $\alpha$ -кето кислоту и затем переаминировать их в L- кислоты с помощью почечного и печеночного фермента D- аминокислотной оксидазы. По-видимому, такие ферменты могут образовываться не для всех аминокислот и для разных аминокислот иметь разную активность.

### Строение аминокислот

Аминокислоты содержат основную (щелочную) аминную группу ( $-\text{NH}_2$ ) и кислую карбоксильную группу ( $-\text{COOH}$ ). Большинство аминокислот, обычно присутствующих в натуральных белках, являются  $\alpha$ -типа, когда аминная группа примкнута к углеродному атому, к которому присоединена карбоксильная группа. В белках аминокислоты соединены с помощью пептидных связей  $\text{CO-NH}$ . Образование пептидных связей происходит в процессе биосинтеза белка, при этом каждая аминокислота теряет карбоксильную  $\text{OH}$  группу и водород ( $\text{H}$ ). В связи с отщеплением воды аминокислоты в составе белка называют аминокислотными остатками. Боковые группы аминокислот у разных аминокислот разные. У одних она представлена атомом водорода, как у глицина, у других, например, у фенилаланина – фенольной группой. Ниже представлена молекула гормона вазопрессина. Она состоит из 9 аминокислот.

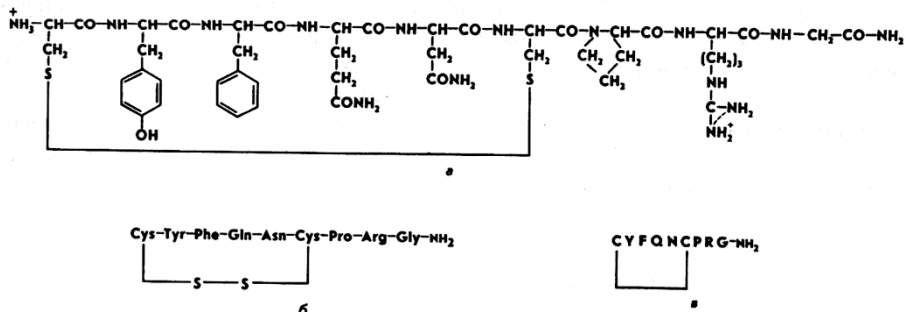


Рисунок 27. Молекула вазопрессина: а – в виде структурной формулы; б – записанная с помощью трехбуквенной символики; в – Записанная с помощью однобуквенной символики. Линия, соединяющая символы остатков цистеина в формуле в, означает наличие между ними дисульфидного мостика; С – концевая карбоксильная группа аминокислоты амидирована

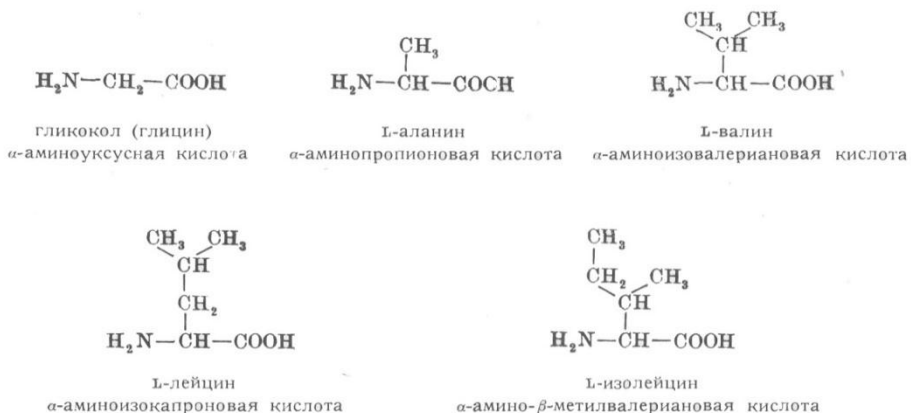
На рисунке хорошо видны боковые цепи тирозина, фенилаланина, глутамина, аспарагина, пролина, аргинина. Две молекулы цистеина образовали дисульфидную связь  $-\text{S-S}-$ . Можно представить сложность высокомолекулярных молекул белка состоящих из нескольких сотен и тысяч аминокислотных остатков. Например, молекула миозина состоит из 858 аминокислотных остатков, коллагена 959, глютелина пшеницы более 2500.

По химическому составу аминокислоты делят: на следующие группы:

- Моноамино-монокарбоновые кислоты
- Моноамино-дикарбоновые кислоты
- Диамино-монокарбоновые аминокислоты
- Серусодержащие аминокислоты

1. Аминокислоты, встречающиеся в белках:

А) Моноаминомонокарбоновые кислоты:



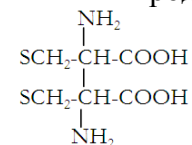
Оксиаминокислоты:



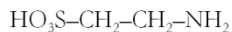
Серусодержащие аминокислоты:



Продукты обмена серусодержащих аминокислот

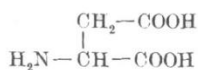


Цистин

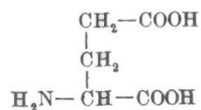


Таурин

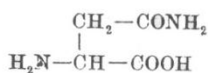
Б) Моноаминодикарбоновые кислоты:



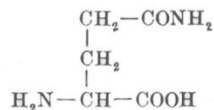
L-аспарагиновая кислота  
α-аминоянтарная кислота



L-глутаминовая кислота  
α-аминоглутаровая кислота

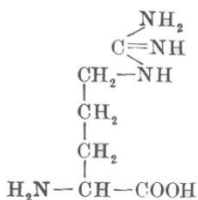


L-аспарагин  
β-амид-L-аспарагиновой кислоты

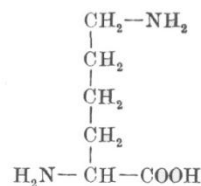


L-глутамин  
γ-амид-L-глутаминовой кислоты

В) Диаминомонокарбоновые кислоты:

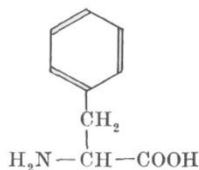


L-аргинин  
α-амино-γ-гуанидиновалериановая кислота

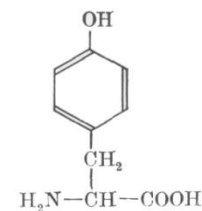


L-лизин  
α,ε-диаминокапроновая кислота

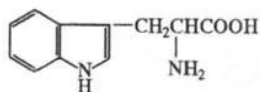
Г) Циклические аминокислоты:



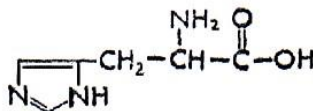
L-фенилаланин  
α-амино-β-фенилпропионовая кислота



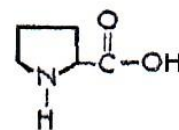
L-тирозин  
α-амино-β-(p-оксифенил)-пропионовая кислота



L-триптофан  
α-амино-β-индолилпропионовая кислота



L-гистидин  
α-амино-β-имидазолпропионовая кислота



L-пролин  
пирролидин-2-карбоновая кислота

## Обмен белка и его регуляция

Белковый обмен включает следующие процессы:

ферментативное расщепление белков в желудочно-кишечном тракте до аминокислот (экзогенных – поступивших из вне) и всасывание их в кровь;

- расщепление тканевых белков в процессе обновления с освобождением аминокислот (эндогенных - внутренних);

- синтез из экзогенных и эндогенных аминокислот белков органов и тканей, крови, лимфы, молока, яиц, ферментов, гормонов, иммунных тел и других биологически активных веществ;

- образование конечных продуктов распада тканевых, ферментативных и других белков, лишних аминокислот и выведение их из организма в виде конечных продуктов - мочевины, креатина, креатинина, аммиака, аминокислот;

- взаимопревращение аминокислот (заменяемых из незаменимых), взаимодействие с углеводами и другими веществами;

- участие аминокислот в качестве источников энергии в цикле Кребса;

У растущих животных биосинтез белков превышает их распад, у взрослых, закончивших рост, интенсивность синтеза и распада выравниваются.

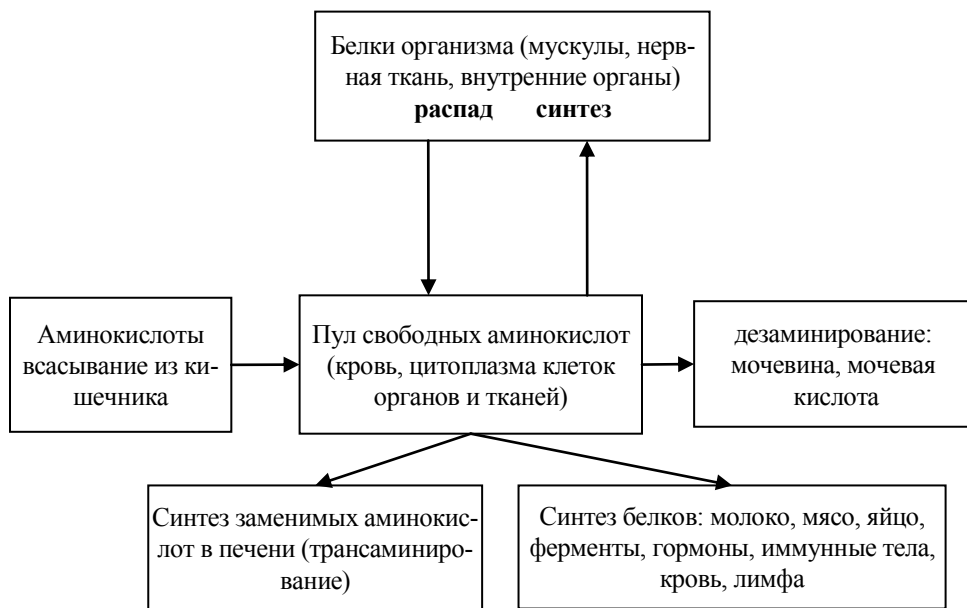


Рисунок 28. Схема обмена белка (аминокислот) в организме животных

Гормон роста, инсулинодобный фактор роста, инсулин, мужские половые гормоны являются основными регуляторами синтеза, а тирок-

син - деградации белка в мускулах. Тироидные гормоны повышают содержание протеаз и гидролаз в лизосомах мускулов и печени, что является причиной одновременной деградации белка в этих органах. Инсулин и инсулиноподобный фактор роста вызывают быстрое снижение концентрации свободных аминокислот в крови и увеличение их в мускулах, где повышается синтез белка. Гормоны коры надпочечников (кортизон) вызывают снижение количества белка в мускулах и повышение в печени и других внутренних органах.

Печень играет ключевую роль в регуляции обмена. После переваривания белков в желудочно-кишечном тракте, освобожденные аминокислоты по воротной вене сначала проходят через печень. Рецепторы печени через блуждающий нерв сигнализируют в головной мозг (гипоталамус, кора грушевидной зоны) о степени комплектности аминокислот, участвуя тем самым в регуляции пищевого поведения животного. Большинство аминокислот, за исключением валина, лейцина и изолейцина, деградируются в печени. Она является главным местом обезвреживания аммиака, излишних аминокислот с образованием мочевины и производных аминокислот. Здесь происходит синтез тканевых белков и белков крови (альбуминов, фибриногена); дезаминирование и переаминирование аминокислот, образование заменимых аминокислот и азотистых оснований нуклеиновых кислот; катаболизм гемопротеидов и образование желчных пигментов.

Декарбоксилирование аминокислот происходит в тканях. Оно сопровождается выделением углекислого газа и образованием аминов, обладающих высокой биологической активностью (биогенные амины).

Аминокислота	Биогенный амин	Основная роль
Гистидин	Гистамин	Тканевой гормон
Глютаминная кислота	$\gamma$ -аминомасляная кислота (ГАМК)	Тормозной медиатор в синапсах
Лизин	Карнитин	Участвует в реакциях окислительного фосфорилирования в митохондриях
Триптофан	Серотонин	Тканевой тормозной медиатор
Цистеин	Таурин	Медиатор, участвующий в переносе $Ca^{2+}$ через мембраны митохондрий

Для синтеза белков организма используются свободные аминокислоты. Пул (фонд) свободных аминокислот формируется из аминокислот, поступивших в кровь из желудочно-кишечного тракта, как продуктов переваривания белков корма, и аминокислот освобожденных из белка тела в процессе обновления. Интенсивность биосинтеза белков в клетках зависит от наличия субстрата, которым являются свободные аминокислоты плазмы крови. При низкой концентрации, отсутствии или недостатке какой-либо незаменимой аминокислоты снижается концентрация матричных РНК и биосинтез белка.



## Биосинтез и обновление белка

Положительный баланс азота - это состояние организма, когда в нем происходит отложение азота (белка), что, как правило, бывает у растущих животных. Нулевой баланс, когда количества потребленного и выделенного с мочой и калом азота равны. Нулевой баланс наблюдается у непродуктивных закончивших рост животных. Отрицательный баланс встречается, когда потери азота в результате основного обмена выше количества азота, потребленного с кормом, что происходит при скудном кормлении, остром дефиците белка в рационе. Отрицательный баланс наблюдается у лактирующих животных, когда потребление белка с кормом не перекрывает его потери с молоком, особенно на ранних стадиях лактации.

Белки клеток, тканей и органов подвержены старению и потере своих функций. Поэтому им свойственно постоянное обновление. Обновление является динамическим балансом двух противоположных процессов – синтеза белка и его деградации (разрушения). У молодых животных скорость обновления выше, чем у взрослых. Белки более важных органов (слизистой кишечника, печени, почек, мозга) обновляются быстрее менее важных (мускулов, соединительных тканей) (таблица). Так белки печени в 5 раз, слизистой кишечника в 10 раз обновляются быстрее белков скелетных мускулов (таблица 29).

С помощью меченых аминокислот по методу, разработанному Д Ватерлоу и Д Стефаном, установлено, что количество синтезируемого белка значительно превышает его потребление и отложение в теле. Например, у свиньи живой массой 70 кг ежедневно синтезируется в организме 700 г и распадается 600 г белка при потреблении его с кормом в количестве 300 г. Прирост белка в теле свиньи составил лишь 100 г, а среднесуточный прирост живой массы 700 г.

Зачем организму такой расточительный процесс с точки зрения затрат энергии и аминокислот? Деградация белка (как и синтез) является важнейшим процессом жизнедеятельности организма. Логика беспрерывного обновления закладывалась в процессе эволюции живых организмов, как механизм адаптации в ответ на постоянные изменения условий окружающей среды. Обновление белка обусловлено необходимостью: а) быстрого изменения уровня энзимов; б) мобилизации белков на энергетические нужды в период голодания; в) удаления ошибочных белков, образуемых в результате нарушений процессов транскрипции, трансляции в процессе биосинтеза белков; г) реструктурирования клеток в размере и форме в ответ на функциональные потребности (например, клеточных мембран).

Таблица 29. Скорость обновления и время полужизни белков тканей и органов у свиньи, ж.м. 70 кг

Ткани и органы	Обновление, % заменяемого белка в день от общей массы	Время полужизни белка, дн.
Печень	23,3	4,29
Почка: корковый слой	24,5	4,08
мозговой слой	15,6	6,41
Головной мозг	8,3	12,10
Мускулы: скелетные	4,2	23,8
сердца	6,8	14,7

### Биологическая ценность белка

Биологическая ценность белка определяется степенью соответствия его аминокислотного состава потребности человека и животного и измеряется количеством отложенного азота в процентах от съеденного и переваренного. Наибольшей биологической ценностью обладают белки животного происхождения - мяса, рыбы, молока, дрожжей, а также зерна бобовых культур - сои, гороха, фасоли и др. Они наиболее близко соответствуют составу белков тела и молока животных, составу яйца. Белок зерна злаковых культур - ячменя, кукурузы, пшеницы, являющихся основными компонентами рационов свиней и птиц, бедны лизином (таблица 30).

Таблица 30. Содержание аминокислот в белках разной биологической ценности

Аминокислоты	Яйцо	Мясо	Рыба	Соя	Под-солнечник	Пшеница	Кукуруза	Эталон ФАО/ВОЗ
Лизин	7,2	8,7	8,9	6,2	3,1	3,0	2,5	5,5
Метионин	3,3	2,9	3,0	1,6	2,0	1,5	2,0	1,8
Треонин	4,8	4,6	4,5	4,3	2,5	2,6	3,1	4,0
Триптофан	1,6	1,3	1,4	1,1	1,3	1,3	0,7	1,1
Изолейцин	4,6	4,5	5,5	4,6	3,3	3,3	3,1	4,0
Лейцин	7,5	8,3	8,0	7,9	5,6	6,6	13,1	7,0
Фенилаланин	5,5	4,2	4,5	4,3	3,4	3,4	4,9	3,5
Валин	7,3	4,8	5,8	5,4	4,2	4,4	3,9	5,0

ФАО – Международная организация по сельскому хозяйству и продовольствию при ООН; ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения.

### Методы определения биологической ценности (БЦ)

**Метод Томаса и Митчела.** Предложенный в 1909 г. К. Томасом метод баланса азота до сего времени является наиболее используемым при оценке биологической ценности белка кормов и пищи. Этот метод

широко используется в биологических опытах и при оценке кормов для сельскохозяйственных животных.

$$БЦ = \frac{N_k - N_{кл} - N_m}{N_k - N_{кл}} \times 100,$$

где  $N_k$  – количество азота, потребленного с кормом, г;

$N_{кл}$  - количество азота, выделенное с калом, г;

$N_m$  - количество азота, выделенного с мочой, г.

По схеме Томаса определяется, так называемая, кажущаяся биологическая ценность. Дело в том, что в составе азота кала присутствует как азот непереваренных остатков корма (экзогенный), так и азот кишечного эпителия, остатков пищеварительных соков и кишечных микроорганизмов (обменный, или метаболический). Азот мочи также состоит из азота неусвоенных аминокислот, то есть экзогенного, и азота эндогенного, образуемого в организме в процессе основного обмена. По методу Томаса переваримость и отложение азота определяются без учета метаболических и эндогенных потерь азота тела.

При сравнении биологической ценности белка обычной (ОБ) и высоколизиновой кукурузы (ВЛ) отложение азота у поросят на монозерновых рационах, обогащенных витаминно-минеральными премиксами с ВЛ кукурузой были значительно выше, чем с обычной (таблица)

Таблица 31. Биологическая ценность (кажущаяся) белка ВЛ и ОБ кукурузы в опыте на свиньях при нормированном и кормлении вволю (среднесуточные показатели) В.Г. Рядчиков, 1981.

Показатели	Нормированное кормление		Кормление вволю	
	ОБ	ВЛ	ОБ	ВЛ
Потреблено N с кормом, г	27,1	30,8	23,1	36,8
Выделено N с калом, г	6,0	5,5	6,6	7,7
Переварено N, г	21,1	25,3	16,5	29,1
Выделено N с мочой, г	10,3	11,1	10,3	11,3
Всего выделено (кал+моча) N, г	16,3	16,6	16,9	19,0
Кажущееся отложение N в теле, г	10,8	14,2	6,2	17,8
Коэффициент кажущегося отложения				
В % от потребленного	39,85	46,1	26,8	48,4
В % от переваренного	51,2	56,1	37,6	61,2

Х. Митчелл в 1924 г. модифицировал метод Томаса для определения «истинной» биологической ценности. Эндогенный (обменный) азот кала и мочи стали учитывать при скармливании безбелкового рациона. Эндогенный или метаболический белок – это белок, расходуемый на основной обмен (поддержание). Биологическая ценность по Томасу-Митчеллу:

$$БЦ = \frac{N_k - [(N_{кл} - N_{клбб}) + (N_m - N_{мбб})]}{N_k - N_{кл} - N_{клбб}} \times 100,$$

где

$N_{клбб}$  – количество азота, выделенного с калом на безбелковом рационе, г;

$N_{мбб}$  – количество азота, выделенного с мочой на безбелковом рационе, г.

Таблица 32. Истинная биологическая ценность белка ВЛ и ОБ кукурузы при нормированном и кормлении свиней вволю

Показатели	Нормированное кормление		Кормление вволю	
	ОБ	ВЛ	ОБ	ВЛ
Потреблено N с кормом, г	27,1	30,8	23,1	36,8
Выделено N с калом на кукурузном рационе, г	6,0	5,5	6,6	7,7
Выделено N с калом на безбелковом рационе (метаболический азот), г	2,7	2,2	2,5	2,0
Экзогенный N кала, г	3,3	3,3	4,1	5,7
Истинно переварено N, г	23,8	27,5	19,0	31,1
Выделено N с мочой на кукурузном рационе, г	10,3	11,1	10,3	11,3
Выделено N с мочой на безбелковом рационе (эндогенный азот), г	2,3	2,3	2,2	2,4
Экзогенный N мочи, г	8,0	8,8	8,1	8,9
Экзогенный N кала+мочи	11,3	12,1	12,2	14,6
Метаболический N кала+эндогенный N мочи	5,0	4,5	4,7	4,4
Истинно отложенный азот, г	15,8	18,7	10,9	22,2
Коэффициент истинного отложения от истинно переваренного (истинная биологическая ценность белка), %	66,4	68,0	57,4	71,4

Показатели истинной БЦ заметно выше кажущейся, при нормированном кормлении показатели истинной БЦ обычной и высоколизиновой кукурузы не сильно отличаются друг от друга (66,4 и 68,0). В то же время при кормлении вволю разница весьма существенная в пользу белка ВЛ кукурузы: 71,4% против 57,4%

**Коэффициент утилизации белка (КУБ).** Метод предложен А. Бендером и Д. Миллером (Bender, Miller, 1953). Биологическую ценность в соответствии с этим методом определяют по отложению азота в теле. Для этого цельное тело животных без содержимого пищеварительного тракта и мочи анализируют на содержание азота. Количество отложенного азота рассчитывают по формуле:  $Not = N_{ко} - N_{но}$ , где  $Not$  – отложенный в теле азот,  $N_{ко}$  – азот в целой тушке в конце опыта и  $N_{но}$  – азот в целой тушке в начале опыта (г).

Коэффициент утилизации азота (в %) от потребленного с кормом  $N_k$  рассчитывают по формуле:

$$КУБ = \frac{N_{ко} - N_{но}}{N_k} \times 100$$

или

$$КУБ = \frac{N_{от}}{N_k} \times 100$$

Метод получил наиболее широкое распространение в исследованиях по определению биологической ценности белков на лабораторных животных (в зарубежной литературе КУБ обозначается NPU- Net Protein Utilization). Однако при данном расчете не учитываются обменные потери азота организмом, которые определяют на безбелковом рационе. Для этого параллельно с опытной группой на тот же период ставят группу на безбелковый рацион. Затем по количеству обменного азота  $N_{об} = N_{но} - N_{бб}$ , где  $N_{бб}$  — азот в туше на безбелковом рационе (г), находят величину истинного отложения азота  $N_{ио} = (N_{ко} - N_{но}) + (N_{но} - N_{бб}) = N_{ко} - N_{бб}$ .

Коэффициент истинной утилизации азота (в %) от потребленного рассчитывают по формуле:

$$КУБ = \frac{N_{ко} - N_{бб}}{N_k} \times 100$$

Метод анализа туши дает более точные показатели отложения азота по сравнению с определением азота в кале и моче. Здесь, правда, остаются не учтенными потери азота с потовыми выделениями, которые составляют не более 5%. Этот метод удобен для определения КУБ на мелких животных крысах, цыплятах, поросятах, туши которых можно полностью измельчить и провести анализ.

При определении биологической ценности по КУБ остаются неизвестными показатели как кажущейся, так и истинной переваримости белка. Для нахождения этих показателей используют кал животных, получавших белковый и безбелковый рационы, и по разнице азота определяют истинную переваримость, зная которую можно легко рассчитать показатель истинной биологической ценности:

$$БЦ = \frac{N_{ко} - N_{бб}}{N_k - (N_{кл} - N_{об})} \times 100$$

## **Аминокислотное питание животных**

Белки в желудочно-кишечном тракте под действием пищеварительных ферментов расщепляются до аминокислот, которые всасываются из кишечника в кровь и разносятся к клеткам, тканям и органам, из них синтезируются белки мяса, молока, яиц, внутренних органов, крови, ферменты, гормоны, иммунные тела и т.д.

Таким образом, животным и человеку белок необходим не сам по себе, а как источник аминокислот и что потребность в белке – это ни что иное, как потребность в незаменимых и заменимых аминокислотах.

Принципиально новый подход к белковому питанию, как аминокислотному питанию, побудил мировую науку решить ряд важнейших задач:

- разработать нормы потребности в незаменимых аминокислотах для разных видов и половозрастных групп животных, а также человека; на этой основе рационализировать питание и повысить эффективность использования белка;

- разработать методы аминокислотного анализа и определить аминокислотный состав огромного ассортимента пищевых продуктов, кормов и других объектов животного и растительного мира;

- освоить промышленное производство синтетических аминокислот, среди которых лизин, метионин, треонин и триптофан нашли широкое применение в устранении их дефицита в кормах для свиней, птиц, крупного рогатого скота;

- установить, что роль аминокислот состоит не только в качестве строительных блоков белков, но и в том, что они подобно гормонам выполняют функции сигнального агента в нейрогуморальной регуляции жизнедеятельности организма;

- кроме того, установлено, что аппетит животных зависит от сбалансированности рационов по незаменимым аминокислотам.

- в сельском хозяйстве существенно возросло производство белка сои, животных и функциональных продуктов, обогащенных незаменимыми аминокислотами.

### **Нормы потребности свиней и птиц в аминокислотах**

#### **Методы определения потребности в аминокислотах**

Существует несколько методов определения потребности животных в незаменимых аминокислотах.

1. Метод возрастающих добавок в прошлые годы, да и сейчас остается наиболее применяемым в научных исследованиях. Суть метода состоит в том, что к рациону, дефицитному изучаемой аминокислотой, добавляют возрастающее количество этой аминокислоты в виде кри-

сталлического препарата. К примеру, определение потребности свиней в лизине проводятся по такой схеме:

Таблица 33. Схема опыта

Группы						
1	2	3	4	5	6	7
Добавка L-лизина, %						
ОР	ОР+0,1	ОР+0,2	ОР+0,3	ОР+0,4	ОР+0,5	ОР+0,6
Содержание лизина в рационе, %						
0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
Содержание лизина, г/кг						
5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0

В опыте 7 групп, 1 группа получает основной рацион (ОР), в котором содержание лизина за счет самих кормов составляет 0,5%, остальные группы получают тот же ОР, в каждой последующей группе содержание лизина увеличивают на 0,1 % по сравнению с предыдущей.

О норме потребности судят по максимальному среднесуточному приросту живой массы, отложению в теле азота, выходу постного мяса, затратам корма на кг прироста живой массы, здоровью животных, клиническим и биохимическим показателям крови.

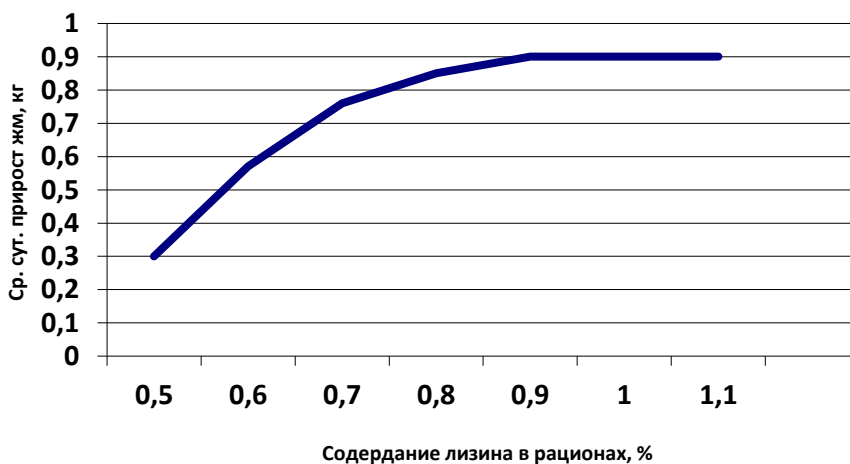


Рисунок 29. Изменение прироста жм свиней в зависимости от уровня лизина в рационе.

На экспонентной кривой видно, что максимальный прирост свиней был при содержании лизина в рационе 0,9% (9 г /кг). Дальнейшее увеличение количества лизина в рационе не оказывало положительного действия на прирост живой массы. С учетом других показателей, потребность в лизине у свиней жм 50-70 кг составляет 0,9%.

Недостатком метода возрастающих добавок является то, что на рационах с другим набором кормов это норма может оказаться не оптимальной, из-за различий в усвоении лизина. Кроме того установленная

норма будет применима только для той породы свиней, на которой проводили ее определение.

2. Факториальный метод определения норм незаменимых аминокислот совершенствовался на протяжении последних 50 лет. В настоящее время он стал основным методом определения потребности в аминокислотах как у моногастричных, так и жвачных животных.

Сущность метода заключается в определении потребности на следующие функции:

- основной обмен (поддержание), включающий затраты аминокислот на обновление белков в клетках, тканях, органах и, в целом, всего организма. Потребность на поддержание определяют теми же методами, как потребность на поддержание в энергии и выражают на кг<sup>0,75</sup> метаболической живой массы;

- потребность на продукцию белка в приросте живой массы у растущих животных, в яйце, молоке, шерсти, в плодах (беременность).

Чтобы точно определить потребность в аминокислотах факториальным методом необходимо знать истинную переваримость аминокислот, эффективность использования усвоенной аминокислоты в продукцию белка. При наличии этих данных грамотный зоотехник может сам рассчитать нормы потребности для конкретного хозяйства и кормовой базы. В разделе «Нормы питания и рационы для свиней» факториальный метод подробно изложен.

### **Выражение норм потребности в аминокислотах**

В представленных нормах для свиней (таблицы 78), яичной (таблица 96) и мясной птицы (таблицы 104) потребность выражена в % на воздушно-сухое вещество корма (стандартная влажность зерна, комбикорма – 10 – 13 %).

Потребность можно выразить и другими способами: граммов на килограмм сухого корма, граммов на 1 МДж обменной энергии, граммов на голову в день.

Потребность иногда выражают в % от сырого белка. Расчет этого показателя производят путем деления цифры потребности в сухом веществе, умноженной на 100, на % СБ в корме. Например, потребность в лизине поросят до 2 мес. возраста в % от сырого белка:

$$\frac{1,2 \times 100}{22} = 5,45\%$$

Наиболее точное балансирование рационов можно сделать используя нормы в истинно переваримых аминокислотах.



## **Что нужно учитывать при нормировании рационов по аминокислотам?**

### **Концентрация энергии**

В нормах для свиней и птиц даны суточные нормы корма с указанием концентрации в нем обменной энергии в мегаджоулях.

Концентрация энергии может существенно изменяться в зависимости от состава рациона. Она может быть высокой, если зерновая часть представлена в основном кукурузой, а белковая - необезжиренной соей, или же, если в рацион включены жиры. И наоборот, калорийность корма оказывается пониженной при включении в него значительного количества объемистых кормов – зеленой массы, травяной муки, силоса, отрубей, жома.

Чтобы не нарушать соотношение между энергией и аминокислотами (чаще всего оно определяется граммов лизина / 1МДж), рекомендуется при повышении или снижении концентрации энергии в корме – повысить или снизить норму аминокислот на эквивалентный процент.

### **Обеспеченность витаминами, микро- и макроэлементами**

Нормы аминокислотного питания рассчитаны на высокую продуктивность свиней и птиц. Если сбалансированные по аминокислотам рационы не будут в достаточной мере обеспечены витаминами, микро- и макроэлементами, их эффективность окажется намного ниже ожидаемой.

Витамины группы В и микроэлементы являются активными центрами ферментов, которые катализируют тысячи химических реакций в организме животных. Естественно, при их отсутствии или недостатке невозможно нормальное осуществление процессов обмена и биосинтеза белка. Есть и прямые взаимодействия некоторых аминокислот с витаминами. Например, при недостатке витаминов В12 и холина на их образование расходуется метионин, при недостатке никотиновой кислоты (витамин В5) - триптофан.

Выявлено тесное взаимодействие между лизином, Са и витамином Д в процессе кальцификации костей.

### **Возраст животных**

Наиболее чувствителен к недостатку незаменимых аминокислот растущий молодняк свиней и птиц. С возрастом потребность в аминокислотах снижается. Это объясняется тем, что в приросте живой массы молодняка преобладает мышечная ткань, богатая белком, в приросте более взрослых свиней доля жира в 2-2,5 раза преобладает над долей белка.

### **Пол животных**

Существенной разницы в потребности свинок и хрячков нет. Однако отмечают, что при кормлении вволю потребность в лизине у свинок примерно на 8-10% выше чем у хрячков.

### **Порода**

Имеются данные, что кроссы свиней и птиц интенсивного мясного направления требуют более тщательного внимания к балансированию кормов по всем элементам питания. По сравнению с более сальными породами потребность в аминокислотах у них на 10-15% выше.

### **Окружающая среда и токсины**

Свиньи и птицы легче переносят плохие условия окружающей среды - повышенную загазованность аммиаком, сырость, чрезмерно низкую и высокую температуру при сбалансированном по аминокислотам кормлении. Имеются убедительные доказательства, что аминокислотная полноценность обеспечивает значительное ослабление вредного воздействия скармливания зерна с высоким содержанием фузариотоксинов (вомитоксина) и афлатоксина.

## **Принципы балансирования рационов по незаменимым аминокислотам**

### **Балансирование рационов комбинированием кормов**

Балансирование кормов для свиней и птиц по своей сути сводится к устранению дефицита незаменимых аминокислот зерновой части рациона. Оно осуществляется двумя способами:

- комбинированием кормов, когда к зерновой части добавляют высокобелковые корма, богатые лизином;
- добавлением к кормам недостающих аминокислот в виде кормовых и кристаллических препаратов. Эффективность этих способов оказывается достаточно высокой.

При составлении рационов для свиней и птиц более важным условием является контроль обеспеченности незаменимыми аминокислотами, а не белка. При балансировании рационов за счет комбинирования зерновых и высокобелковых кормов следует контролировать в рационах свиней количество лизина, треонина, у птиц, кроме того, метионина. Если достигнута их норма, то по остальным незаменимым аминокислотам рационы, как правило, становятся сбалансированными. Дефицит триптофана возможен в рационах, в которых зерновая часть полностью представлена кукурузой.

## **Балансирование рационов с помощью препаратов аминокислот**

Добавление препаратов аминокислот необходимо производить с учетом знания потребности в аминокислотах и по степени дефицита лимитирующих аминокислот в рационе. Например, балансировать рацион, составленный только из пшеничной дерти, путем добавления второй и третьей лимитирующих аминокислот, соответственно, треонина и метионина, без добавки 1-ой лимитирующей - лизина, не имеет смысла, так как никакого улучшения в росте животных не произойдет. Более того, соотношение аминокислот нарушится, это отрицательно скажется на аппетите и продуктивности животных.

Если в монозерновой рацион добавляют 1-ую лимитирующую аминокислоту - лизин без добавления 2-ой лимитирующей аминокислоты, его количество должно соответствовать уровню, эквивалентному содержанию 2-ой лимитирующей аминокислоты.

Так, пшеничный рацион обеспечен лизином на 42% (100-58) от потребности, треонином на 73% (100-27) (таблица 35).

Препарат лизина будет эффективным, если его добавить до уровня содержания 2-ой лимитирующей аминокислоты, т. е. до 73% обеспеченности  $(8,4 \text{ г} \times 73) : 100 = 6,13 \text{ г}$ . Нужно добавить  $6,1 - 3,5 = 2,63 \text{ г}$ . (3,5 г лизина содержится в кг рациона). При наличии препаратов лизина и треонина рекомендуется их добавлять в корм до уровня содержания - 3-й лимитирующей аминокислоты – метионина, содержание которого составляло 76% от потребности.

Расчет:

$$\text{лизин} \quad \frac{8,4 \text{ г} \times 76}{100} = 6,38; \quad 6,38 - 3,5 = 2,88 \text{ г}$$

$$\text{треонин} \quad \frac{4,8 \text{ г} \times 76}{100} = 3,65; \quad 3,65 - 3,5 = 0,15 \text{ г}$$

При наличии кормовых препаратов 1, 2, 3 лимитирующих аминокислот - лизина, треонина, метионина их добавляют до нормы потребности. Расчет добавок:

лизин на 1 кг пшеничного рациона:  $8,4 - 3,5 = 4,9 \text{ г}$

треонин  $4,8 - 3,5 = 1,3 \text{ г}$

метионин  $5,0 - 3,8 = 1,2 \text{ г}$

Необходимо знать содержание основного вещества в препарате аминокислот по сертификату. Содержание основного вещества в препаратах лизина дано по соли - лизину солянокислому. На долю соляной кислоты приходится 20%.

Чтобы рассчитать количество собственно лизина (без соляной кислоты), нужно процентное содержание, указанное в сертификате, по-

множить на 0,8. Например, содержание лизина в HCl составляет 98 %, количество собственно лизина составит  $98 \times 0,8 = 78,4$  % (784 г/кг).

D-форма метионина полностью используется свиньями и птицей, как L-форма. D-форма триптофана на 60%. Биологический потенциал DL-триптофана равен 80%.

Технология ввода препаратов аминокислот в корма предполагает следующий порядок: предварительно их тщательно перемешивают с наполнителем, чаще всего с отрубями или зерновой дертью, 2-3 кг лизина в 20-30 кг наполнителя, эту массу перемешивают в 1 тонне корма.

### **Доступность (переваримость) аминокислот**

Эффективность использования кормового белка в значительной мере зависит от доступности аминокислот. Доступность это способность аминокислот освободиться из белковой молекулы под действием пищеварительных ферментов и через кишечную стенку поступать в общий фонд обмена, считая всосавшиеся аминокислоты потенциально используемыми, т.е. доступность ограничивается процессами пищеварения и всасывания.

К факторам, влияющим на снижение доступности аминокислот, относятся следующие:

- сильная тепловая обработка пищевых и кормовых продуктов (при оптимальных режимах сушки зерна, особенно бобовых, доступность повышается);

- наличие антитрипсिनных и других факторов (алкилрезорциноналов, фитиновой кислоты, алкалоидов, некрахмальных полисахаридов);

- при длительном хранении зерна и других продуктов доступность аминокислот снижается;

- лигно-целлюлозная структура клеточных стенок растительных кормов, препятствующих контакту протеолитических ферментов и белков.

Наиболее часто встречающееся снижение доступности аминокислот происходит вследствие образования соединений, не поддающихся освобождению под действием протеаз. Лизин, имеющий свободную ε-аминогруппу, восприимчив к образованию таких соединений. Широко распространена майеровская реакция лизина с углеводами, редуцирующими и нередуцирующими сахарами, в результате которой сахароза, глюкоза, рафиноза и трелоза при нагреве легко вступают во взаимодействие с лизином, снижая его доступность.

## Способы балансирования рационов по доступным аминокислотам

В настоящее время получено значительное количество данных о доступности на основе их определения в содержимом терминальной части повздошной кишки (илеуме). Эти исследования проведены на свиньях и птице.

В зерновых и белковых кормах, не подвергнутых жесткой тепловой обработке, доступность аминокислот составляет около 85% от общего их содержания.

Нормы доступных аминокислот для цыплят составляют 82-84 %, взрослых кур и бройлеров – 85-88 от потребности в сырых аминокислотах. Исследования по определению норм потребности и доступности аминокислот в кормах для свиней показывает, что уровень 85% доступных от сырых может быть оптимальным для расчета норм потребности свиней в доступных аминокислотах.

Балансирование рационов без учета доступности аминокислот может приводить к определенным ошибкам и недополучению ожидаемого прироста. Используя данные по доступности аминокислот в кормах, полученные идеальным методом в нашей лаборатории (табл. 34). Определение на анализаторе показало содержание лизина в кг ячменя 4 г, в кг соевого жмыха – 23 г. Чтобы сбалансировать рацион по лизину в нем должно быть 76 % ячменя и 24 % соевого жмыха. В таком рационе количество лизина ячменя составляет 3 г  $[(4 \times 76) : 100]$ , соевого жмыха – 5,5 г  $[(23 \times 24) : 100]$ , общее количество лизина – 8,5 г, при норме 8,4. Потребность в доступном лизине равна 7,1 г  $[(8,4 \times 85) : 100]$ . Количество доступного лизина ячменя (табл. 15) составит 2,55 г  $[(3 \times 85) : 100]$ , соевого жмыха 3,74 г  $[(5,53 \times 68) : 100]$ , всего 6,29 г. Это ниже потребности на 11,4 %. Если не скорректировать рацион за счет увеличения сои или добавок кристаллического лизина, то привесы свиней будут ниже ожидаемых примерно на те же 11,4 %. Это в свою очередь увеличит затраты белка и энергии на единицу прироста.

Использование табличных данных по доступности аминокислот в кормах, вместо собственных данных, чревато вероятностью значительных ошибок при разработке рецептуры комбикормов в конкретных условиях хозяйств. Доступность аминокислот зерновых кормов существенно изменяется в зависимости от сорта и года выращивания, жмыхов и шротов, кормов животного происхождения – в зависимости от технологии производства.

Таблица 34. Истинная переваримость (доступность) аминокислот, определенная илеальным методом, % (по данным Головки Е.Н., 1990)

Аминокислоты	Ячмень	Пшеница	Овес	Кукуруза экструдир	Соевый жмых	Подсол- нечн. шрот
Лизин	85	93	69	61	68	87
Гистидин	84	86	69	67	68	97
Аргинин	92	89	71	61	78	91
Треонин	86	84	69	53	58	90
Валин	83	88	73	67	73	89
Метионин	79	88	87	75	75	78
Изолейцин	85	87	72	68	75	90
Лейцин	87	86	67	72	75	83
Тирозин	84	85	65	73	64	85
Фенилаланин	90	85	69	64	68	86
Триптофан	76	66	61	66	55	84
Сырой белок (протеин)	84	83	75	67	63	90

Межсортовые различия по уровню сырого белка у ячменя были в пределах от 10,2 до 12,2 %, у пшеницы – от 11 до 19,7, переваримость сырого белка – от 47,1 до 63 и от 65,2 до 84,3 соответственно. Кажущаяся доступность лизина для ячменя – от 77,5 до 80,2, для сортов пшеницы от 62,0 до 79,6 %. Доступность лизина в зерне сорта пшеницы Иния-66 изменялась по годам выращивания от 67,1 до 82,6.

### Методы определения доступности аминокислот

Метод определения истинно илеально переваримых (ИИП) аминокислот по сути представляет метод определения истинной переваримости белка с использованием безбелкового рациона или рациона с включением 5-7% гидролизата казеина или смеси аминокислот. Сбор содержимого илеума как на белковом, так и безбелковом рационах проводится через Т-образную канюлю (рис. 30) с использованием инертного метчика  $Cr_2O_3$ .

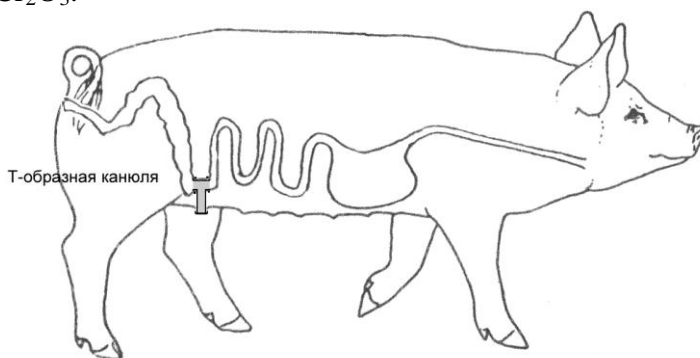


Рисунок 30. Подсвинок с установленной в терминальной части илеума Т-образной канюли

Анализ на доступность аминокислот илеальным методом – довольно сложный, продолжительный (10-15 дн.) и дорогостоящий процесс. Для его проведения необходимы подопытные животные, оперированные под установку T-образных канюль или анастомозов на дистальной части подвздошной кишки. Для полного аминокислотного анализа корма и химуса необходим аминокислотный анализатор. Однако практика нуждается в быстрых и недорогих методах. Таким задачам может соответствовать мультиэнзимный (пепсин-панкреатин) метод переваривания кормов *in vitro*. Корреляция между ним и илеальным методом оказалась очень тесной,  $r = 0,90$ . Однако и здесь необходим аминокислотный анализатор.

Предлагается метод инфракрасной спектроскопии на соответствующих приборах. Корреляция между ним и илеальным методом по доступности лизина в кормах составила 0,87, треонина – 0,81, триптофана – 0,84.

Для производственных условий как быстрый и недорогой подходит метод определения доступного лизина, основанный на измерении плотности окраски, образуемой в результате реакции свободной  $\epsilon$ -NH<sub>2</sub>-группы лизина с красителем оранж-джи. Мы использовали этот метод при оценке доступности лизина в соевых кормах, подвергнутых разным режимам тепловой обработки, получив весьма надежные результаты.

## **Рациональное использование белка**

### **Потребность в белке – потребность в аминокислотах**

С развитием исследований по аминокислотному питанию определился принципиально новый подход к пониманию и практическому осуществлению белкового питания животных. По своему существу потребность в белке сводится к потребности в незаменимых и заменимых аминокислотах. Эффективность использования белка, а следовательно и потребность в нем, зависит от степени соответствия между содержанием аминокислот в корме и потребностью в них животных. На этой основе есть все основания говорить о том, что современные нормы белка (протеина) для животных могут быть существенно снижены.

### **Прогнозирование потребности животных в белке**

Для обоснования оптимальной потребности необходимо проанализировать те процессы, которые определяют затраты белка в организме животных. К этим затратам необходимо отнести следующие:

- а) на биосинтез белка в производимой продукции – живой массе, молоке, яйце, плодах при беременности и др.;
- б) на обновление белка в процессе основного обмена (поддержание);

в) на образование биологически активных веществ: ферментов, гормонов, иммунных тел, медиаторов, нейропептидов и др.

Затраты белка на его обновление составляют около 2 г на кг метаболической живой массы в степени  $0,75$  ( $\text{кг}^{0,75}$ ) за сутки. У свиньи живой массой 70 кг (обменная масса –  $24,2 \text{ кг}^{0,75}$ ) ежедневно на обновление расходуется 48,4 г белка. При продуктивности 800 г среднесуточного прироста в теле прирастает 108 г белка (содержание белка в приросте 13,5 %). Суммарная потребность на прирост и обновление, таким образом, достигает 156,4 г в сутки биологически доступного белка. Кроме того необходим белок на синтез биологически активных веществ. Можно принять, что на это в среднем требуется около 10 % от суммы белка на поддержание и продукцию, т.е. 15,6 г. Следовательно, общая потребность в биологически доступном белке составит  $156,4 + 15,6 = 172$  г в сутки. Если принять, что коэффициент переваримости сырого белка корма равен 75 %, и эффективность использования всасавшихся аминокислот на биосинтез белка составляет 70 %, то у свиньи массой 70 кг и среднесуточном приросте 800 г потребность в сыром белке составит  $172 / (0,75 \times 0,70) = 327$  г в сутки. В то же время по рекомендуемым нормам Россельхозакадемии (2003) требуется 459 г сырого белка, что на 40% больше расчетных норм.

О потребности в белке можно судить также по нормам потребности в “сырых” аминокислотах. Например, по нашим нормам сумма незаменимых аминокислот для свиней живой массой 25-48 кг (таблица) составляет всего лишь 6,25% от массы стандартного комбикорма. Помимо незаменимых, необходимы еще заменимые аминокислоты. В теле поросят, цыплят-бройлеров, в молоке свиней, курином яйце отношение незаменимых аминокислот к заменимым составляет от 1:1. Оптимальное соотношение в опытах на свиньях оказалось равным 1:1,22. Следовательно, прибавив к сумме потребности незаменимых количество заменимых, будет получена суммарная потребность аминокислот без избытка и недостатка. Она составит  $6,25 + (6,25 \times 1,22) = 13,9\%$  вместо 17,5 % по нормам.

Потребность может оказаться еще ниже, так как источниками заменимых аминокислот могут быть соединения азота небелкового характера, например, мочевины, ацетатных и цитратных солей аммония. Синтез заменимых аминокислот может происходить за счет продуктов распада незаменимых в процессе основного обмена, а также нуклеиновых кислот. Продукты обмена углеводов, например, пировиноградная, альфа-кетоглутаровая и щавелевоуксусная кислоты служат углеродным материалом для синтеза заменимых аминокислот при наличии источников аминных групп.

Возникает вопрос, почему получаются столь значительные расхождения между расчетными и практическими нормами, и какие будут



получены результаты применения прогнозируемых норм в практических условиях.

### **Лимитирующая аминокислота по закону «минимума» – причина неэффективного использования белка**

Главной причиной высоких затрат белка в практике животноводства является неудовлетворительная сбалансированность рационов по незаменимым аминокислотам.

Аминокислоты по степени дефицита (недостатка) относят в порядковом ряду к 1-ой, 2-ой, 3-ей и т.д. лимитирующим аминокислотам. В белке зерна злаковых культур (пшеницы, ячменя, риса, сорго) первой лимитирующей аминокислотой является лизин, второй – треонин и метионин. В белке гибридов кукурузы лизин и триптофан в равной мере являются первыми лимитирующими аминокислотами, второй – изолейцин (таблица 35).

Таблица 35. Степень соответствия белка зерна, злаков потребности свиней 2-4-мес. возраста в аминокислотах

Аминокислоты	Потребность, г/кг сухого корма	Пшеница				Кукуруза			
		Содержится, г/кг	Недостаток-избыток		Порядок лимитирования аминокислот	Содержится, г/кг	Недостаток-избыток		Порядок лимитирования аминокислот
			г	%			г	%	
Лизин	8,4	3,5	-4,9	-58	1	2,8	-5,4	-64	1
Метионин + цистин	5,0	3,8	-1,2	-24	3	4,0	-1	-20	4
Триптофан	1,5	1,6	+0,1	+7	-	0,7	-0,8	-53	2
Треонин	4,8	3,5	-1,3	-27	2	3,2	-1,6	-33	3
Изолейцин	4,2	4,6	+0,4	+10	-	3,5	-0,7	-17	5
Лейцин	8,5	9,3	+0,8	+9	-	12,3	+3,8	+45	-
Валин	5,0	5,0	0	0	-	4,6	-0,4	-8	-
Аргинин	3,0	6,2	+3,2	+107	-	4,2	+1,5	+40	-
Гистидин	2,5	2,3	-0,2	-8	4	2,2	-0,3	-12	6
Фенилаланин + тирозин	7,0	9,5	+2,5	+36	-	7,2	+0,2	+3	-

Значительный перерасход белка обусловлен, прежде всего, потерями неутризованных аминокислот по причине их избытка относительно уровня первой лимитирующей. Это наблюдается как на низкобелковых монозерновых (пшеница, ячмень, кукуруза), так и сбалансированных по уровню белка рационах.

Например, в кг зерна ячменя (10 % сырого белка) суммарное количество незаменимых аминокислот составляет 50,1 г. Оно чуть меньше суммарной потребности в них, равной 52,9 г для свиней 50-70 кг жм. (таблица 78) Количество лизина в ячмене недостаточное, всего на

уровне 44 % от потребности, поэтому 1-ой лимитирующей аминокислотой является лизин, 2-ой – треонин (67% от потребности), 3-ей – метионин + цистин (82%). Содержание остальных аминокислот близко к норме или превышает ее: аргинина – в два с лишним раза, лейцина – на 10%, валина – на 16 %. Можно полагать, что при кормлении свиней по рациону, состоящему только из ячменя, использование незаменимых аминокислот по назначению будет ограничиваться на уровне 44 % содержания первой лимитирующей аминокислоты, т.е. в количестве 23,4 г. Значительная часть незаменимых аминокислот, неадекватная уровню лизина  $50,1-23,4=26,7$  г или 53,3 % должна быть дезаминирована и использована в организме животных на небелковые нужды. Все «излишнее» количество аминокислот видно над белой линией на рис.1.

Таблица 36. Степень соответствия аминокислотного состава ячменя и ячменя + соевый шрот потребности свиней (ж.м. 50-70 кг) в незаменимых аминокислотах

Аминокислоты	Нормы потребности, г/кг	ячмень				Ячмень + соевый шрот			
		содержится		44 % нормы, г/кг	Излишек к уровню лизина, г/кг	содержится		100 % нормы, г/кг	Излишек уровню лизина, г/кг
		г/кг	в % от нормы			г/кг	в % от нормы		
Лизин	8,4	3,7	44	3,7	-	8,4	100	8,4	0,0
Метионин – цистин	4,9	4,0	82	2,2	1,8	5,6	114	4,9	0,7
Триптофан	1,5	1,5	100	0,7	0,8	2,3	153	1,5	0,8
Треонин	5,4	3,6	67	2,4	1,2	6,6	122	5,4	1,2
Изолейцин	4,7	4,2	89	2,1	2,1	9,0	191	4,7	4,3
Лейцин	8,3	9,1	110	3,7	5,4	14,8	178	8,3	6,5
Валин	5,7	6,6	116	2,5	4,1	10,5	184	5,7	4,8
Аргинин	3,3	8,0	242	1,4	6,6	13,5	409	3,3	10,2
Гистидин	2,6	2,4	92	1,1	1,3	4,3	165	2,6	1,7
Фенилал. + тирозин	8,1	7,0	86	3,6	3,4	10,0	123	8,1	1,9
итого	52,9	50,1		23,4	26,7	85,0		52,9	32,1

В практике кормления свиней и птиц сбалансированные корма по незаменимым аминокислотам получают путем обогащения зерновой части белковыми кормами – соей, горохом, рыбной и мясокостной мукой, молочными отходами и другими. Анализ показывает, что за счет белковой добавки прежде всего решается вопрос ликвидации дефицита 1-ой лимитирующей аминокислоты лизина. Количество других незаменимых аминокислот становится избыточным. Чтобы сбалансировать ячменный рацион по незаменимым аминокислотам нужно долю соевого шрота в кормосмеси довести до 24 % (табл. 36, рис. 31). Содержание сырого белка составит 18,2 % количество лизина достигает нормы по-

требности, но при этом количество метионина + цистина будет превышать потребность на 14 %, триптофана – на 53%, изолейцина – на 114%, треонина – на 22%, аргинина – на 309% и т.д. При требуемом количестве незаменимых аминокислот 52,9 г, их излишек в кг рациона составляет:  $85 - 52,9 = 32,1$  г или 61 %. Они не будут использованы по назначению в синтезе и обмене белка. Эффективно будет использовано 52,9 г незаменимых и 64,5 г заменимых аминокислот (1:1,22), всего 117,4 г или 64,5% от общего количества сырого белка 1 кг ячменно-соевого рациона.

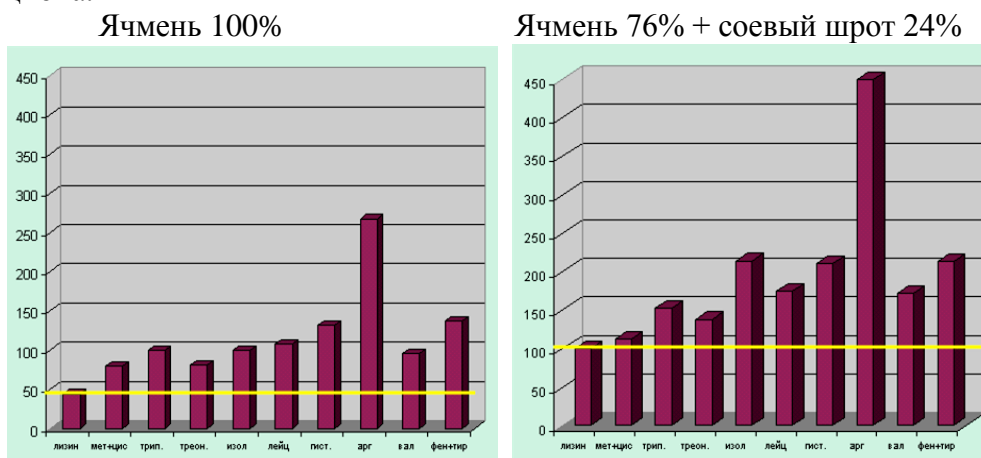


Рисунок 31. Степень соответствия аминокислотного состава ячменя, ячменя+соевый шрот потребности свиней (20-50 кг ж.м.)



Рисунок 32. Эффективность использования белка определяется количеством первой лимитирующей аминокислоты, закон минимума по Либиху

## Эффективность обогащения низкобелкового рациона синтетическими аминокислотами

Рацион, содержание аминокислот в котором соответствует нормам потребности без избытка и недостатка, можно получить на основе низкобелкового зерна, обогащенного недостающими аминокислотами в виде кристаллических препаратов. Белок такого рациона называют “идеальным“. В качестве примера приведем результаты опыта на поросятах (ж. м. 30-50 кг). Основной рацион на 92,4 % состоял из высоколизиновой кукурузы, 4 % люцерновой муки, 3,5 % минеральных веществ, 0,1 % смеси витаминов. Содержание сырого белка составило 9,7% вместо 17,3 % по нормам. Недостающие аминокислоты компенсировали за счет кристаллических препаратов лизина, триптофана, метионина, треонина, изолейцина без избытка и недостатка.

Как показали опыты (табл. 37), животные 4-ой группы на рационе с уровнем белка 10,4 %, обогащенного лизином, метионином, триптофаном до норм потребности, имели практически одинаковые приросты, в сравнении с таковыми у свиней 5-ой группы, получавших стандартный комбикорм с уровнем сырого белка 16,9 %. Затраты белка на кг прироста у поросят 4-ой группы составили 270 г или 57,2% от затрат на стандартном комбикорме.

Таблица 37. Рост свиней на низкобелковых рационах, обогащенных кристаллическими аминокислотами

№ гр	Рацион, % по массе	Сырой белок, %	Среднесуточный прирост, г	Корм		Сырой белок	
				на голову в сутки	на 1 кг прироста	на 1 кг прироста	в % к 9 группе
1	ВЛ-кукуруза	9,7	560	1,95	3,49	339	71,8
2	то же+0,36Л	10,3	610	1,95	3,20	329	69,7
3	то же + 0,36Л + 0,08Т	10,3	658	2,00	3,04	313	66,3
4	то же + 0,36Л + 0,08Т + 0,12М	10,4	736	1,91	2,60	270	57,2
5	ВЛ-кукуруза + белковые корма	16,9	744	2,08	2,79	472	100

Примечание: Л (L-лизин), Т (L-триптофан), М (DL-метионин), Тре (L-треонин), И (L-изолейцин).

Результаты этого опыта подтверждают обоснованность вышеприведенных расчетов возможности существенного снижения затрат белка в кормлении свиней.

### Имбаланс аминокислот, аппетит и использование белка

Потребность в белке на основной обмен (поддержание) более или менее постоянная величина (в расчете на метаболическую живую массу<sup>0,75</sup>), независимо от уровня продуктивности животных.

На ограниченном по массе рационе затраты на поддержание не снижаются, а на образование продукции корма не хватает. Поэтому продуктивность животных оказывается низкой, а затраты белка и энергии на единицу продукции – высокими. Значит, недостаточное по энергии и белку кормление не рационально.

Вместе с тем приходится наблюдать неудовлетворительную поедаемость корма из-за плохого аппетита у самих животных. Одной из причин этого является имбаланс аминокислот. В настоящее время установлено наличие постабсорбционного аминокислотного (аминостатического) механизма пищевого поведения животных. Он определяется концентрацией и соотношением свободных аминокислот в плазме крови, которые зависят от аминокислотного состава съеденного корма. Животные плохо поедают корм с низким уровнем белка (4-6 %), плохо или совсем не адаптируются на рацион с отсутствием хотя бы одной незаменимой аминокислоты или рацион с имбалансом аминокислот.

Имбаланс является наиболее сложной формой, поскольку его трудно предсказать степенью отклонения содержания аминокислот в рационе от требуемого по нормам. Различают два типа имбаланса.

Первый, когда к диете с недостатком одной или нескольких аминокислот добавляют менее лимитирующую.

Второй тип имбаланса, когда к подобной диете добавляют белок или смесь аминокислот без наиболее лимитирующей.

Имбаланс проявляется острой реакцией животных на избытки нелимитирующих аминокислот в виде резкого ухудшения аппетита и, как следствие этого, снижением продуктивности.

Между аминокислотами существуют конкурентные отношения в процессе кишечного всасывания, транспортировки через клеточные мембраны органов и тканей, гематоэнцефалический барьер в процессе белкового обмена.

Наиболее ярко выражается антагонизм между лизином и аргинином, лейцином и изолейцином + валином.

Приведем один из примеров имбаланса первого типа. Так, добавление кормового концентрата лизина в кукурузный рацион свиней (30-70 кг ж. м.) до нормы потребности неожиданно вызвало снижение потребления корма с 2,34 до 1,81 кг и среднесуточного прироста с 496 до 336 г. Добавление дрожжей, обогащенных лизином, также не стимулировало рост. Наши предположения о наличии имбаланса 1-го типа, когда добавленная аминокислота лизин не была более лимитирующей, чем триптофан, подтвердилась в модельном опыте на белых крысах (табл. 38).

Таблица 38. Действие добавок лизина и триптофана к кукурузному рациону на рост белых крыс

Добавки, %		Потребление корма на гол. в день, г	Ср. сут прирост, г	Затраты корма на г прироста, г
L-лизин	L-триптофан			
-	-	10,8±	1,05±0,11	10,3±0,3
0,23	-	8,8±0,2	0,68±0,06	13,0±0,2
0,23	0,06	12,1±0,3	2,13±0,15	5,7±0,2

Имбаланс 2-го типа ярко показал себя в опыте на цыплятах-бройлерах, проведенном на нашей кафедре (И.В. Тарабрин). Первая группа (контрольная) получала основной рацион (ОР), состоящий из пшеницы, бедной белком и незаменимыми аминокислотами, с добавкой витаминов, макро- и микроэлементов в соответствии с нормами потребности ВНИТИП-2003. Вторая группа потребляла тот же корм, что и контрольная группа, но обогащенный до 100 %-ной нормы потребности каждой из недостающих аминокислот в виде кристаллических препаратов за исключением лизина (имбаланс лизина). Количество лизина осталось на уровне первой группы 30 % от потребности. Цыплята 3-ей группы получали основной рацион, обогащенный всеми недостающими до норм потребности аминокислотами за исключением треонина (имбаланс треонина). Четвертая группа получала тот же корм, но обогащенный всеми недостающими аминокислотами (скорректированный рацион) (рис. 33). Кормили цыплят вволю.

Добавление смеси аминокислот до норм потребности, но без лизина или треонина вызывало резкое снижение потребления корма (таблица 39). Животные первой группы поедали значительно больше корма, чем 2-ой, хотя уровни лизина в рационах этих групп были одинаковы. Цыплята в группе с имбалансом треонина потребление корма снизили еще более существенно. Эти результаты свидетельствуют, что фактором снижения аппетита является «избыток» нелимитирующих аминокислот относительно 1-ой и 2-ой лимитирующих – лизина и треонина. Животные на скорректированной диете имели хороший аппетит. Рост бройлеров находился в прямой зависимости от потребления корма и его сбалансированности по аминокислотам. Самый высокий среднесуточный прирост за весь период наблюдался у цыплят на скорректированном рационе и составил 49,8 г., очень низкий при имбалансе лизина – 1,2 г. В группе с имбалансом треонина цыплята имели отвес живой массы в среднем за сутки 3,1 г.

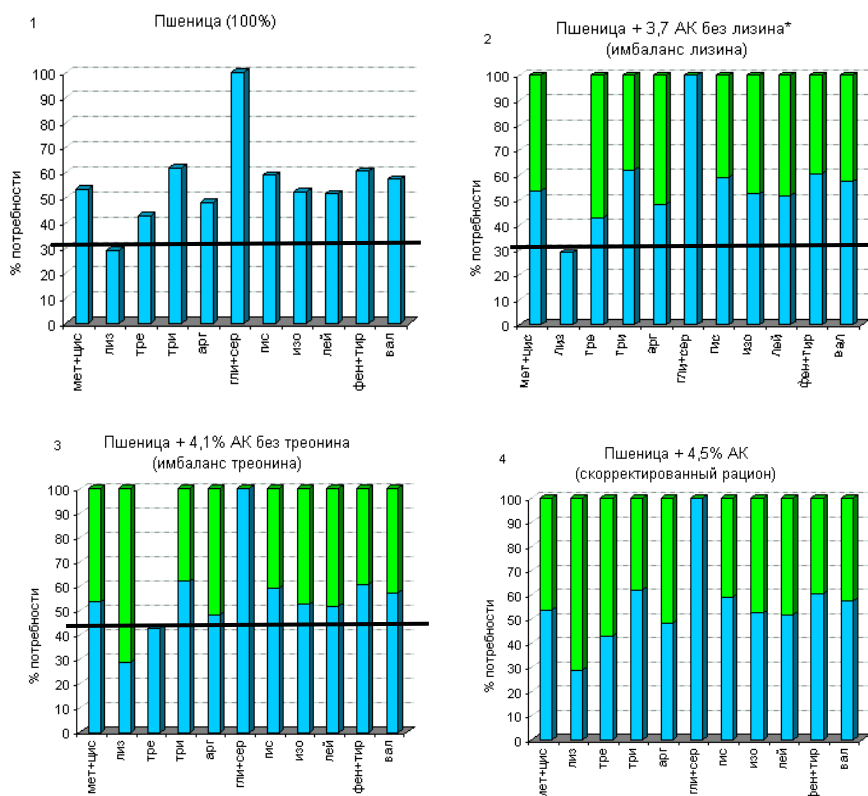


Рисунок 33. Содержание незаменимых аминокислот в рационах цыплят-бройлеров в % от потребности. АК - смесь кристаллических аминокислот

Таблица 39. Потребление корма и рост бройлеров

Группа	Живая масса в начале опыта, г	Живая масса в конце опыта, г	Потребление корма, г/гол/сут	Средне-суточный прирост, г	Затраты на кг прироста	
					корм, кг	сырой белок, г
Основной рацион	679,5	836,9	88,3	14,3±1,11	6,18	680
Имбаланс лизина	675,4	689,6	44,4	1,2±0,60	36,99	6660
Имбаланс треонина	664,2	630,1	38,9	-3,1±1,15	~	~
Скорректированный рацион	670,9	1278,7	98,2	49,8±0,91	1,99	378

Плохая поедаемость монозерновых рационов, вероятнее всего, обусловлена имбалансом 2-го типа. Рассматривая уровень незаменимых аминокислот в монозерновом пшеничном рационе, можно полагать, что эффективно будет использоваться то количество, которое адекватно количеству лизина, а именно, не более 30%. Количество аминокислот сверх этого уровня (выше темной черты – рис 33) оказывается «излиш-

ним» относительно 1-ой лимитирующей – лизина. Поэтому аминокислоты над чертой можно рассматривать как белок без одной аминокислоты (лизина), добавленной к основному рациону и создающий имбаланс.

Нельзя исключать также в монозерновых рационах и имбаланс 1-го типа. Например, в пшенице имеется значительный избыток аргинина над лизином. Эти аминокислоты являются антагонистами. Возможны и другие варианты имбаланса.

### Реакция животных на баланс и имбаланс незаменимых аминокислот – безусловный (врожденный) рефлекс

После 8 суток содержания цыплят на рационах с имбалансом и предоставления воды из одной капельной поилки, в последующие дни в группу с имбалансом треонина поставили вторую поилку с 0,5% водным раствором треонина. В группу с имбалансом лизина аналогично одну поилку с водой, другую с 1,0% раствором лизина. Цыплята почти в тот же день стали пить соответственно водные растворы треонина и лизина. При изменении местоположения поилок они быстро находили поилки с недостающей в их рационах аминокислотой (рисунок 34)

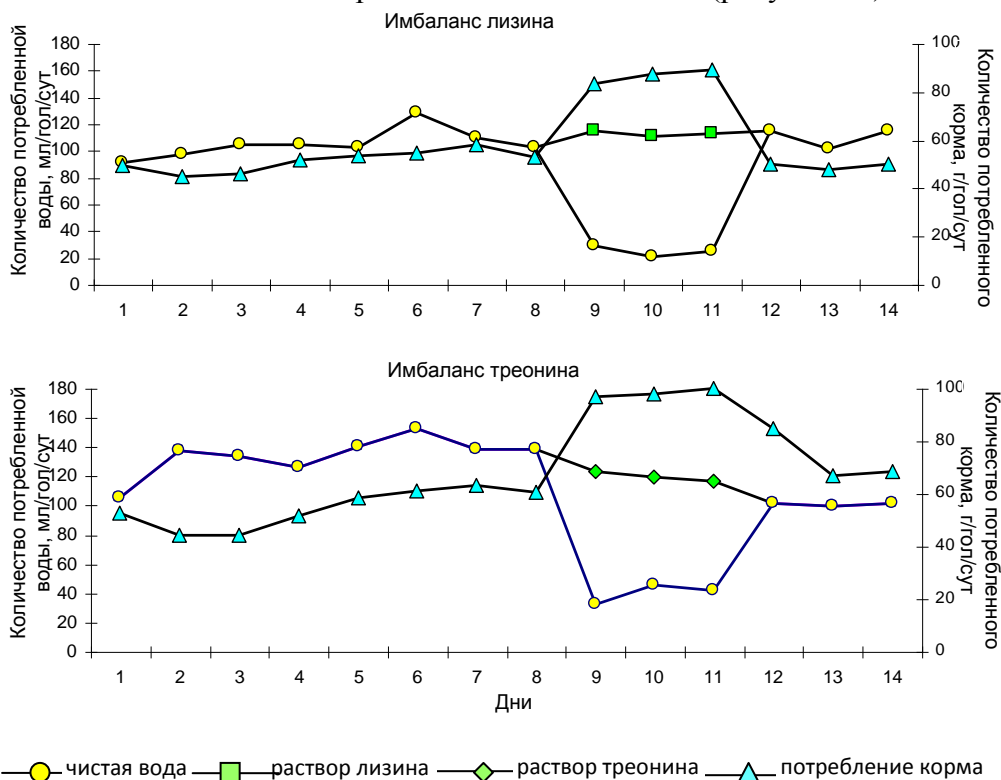


Рисунок 34. Динамика потребления корма, воды и водных растворов лизина и треонина



поение водой сопровождался снижением потребления корма и роста цыплят (таблица 40).

Таблица 40. Средлесуточные приросты в опыте с поилками, г

	Период эксперимента		
	1-8 сутки вода	9-12 сутки вода и растворы аминокислот	13-14 сутки вода
имбаланс лизина	2,4	31,2	2,6
Имбаланс треонина	11,7	45,0	19,2

Отрицательное действие дефицита аминокислот на аппетит животных было обнаружено много лет назад Т.Осборном и Л.Мендель, 1914, затем на это обращал внимание В.Роуз и другие исследователи.

Одним из признаков действия имбаланса на здоровье животных является ожирение печени вследствие снижения транспорта липидов из печени в кровь. В крови существенно возрастает концентрация аммиака и мочевины, которые относятся к токсическим веществам, по этому снижение потребления корма следует рассматривать как защитную реакцию животных от нарушений в организме при имбалансе аминокислот.

Животные могут постепенно адаптироваться к имбалансу. Возможность адаптации зависит от активности ферментов, деградирующих избытки аминокислоты. Однако субстратная активность ферментов неодинакова для разных аминокислот и весьма ограничена при значительных избытках некоторых из них.

### **Концепция идеального белка**

Концепция «идеального» белка базируется не только на количестве и доступности аминокислот, но и на оптимальном их соотношении. Задача была бы облегчена, если бы мы знали, какое соотношение аминокислот является наиболее благоприятным с точки зрения физиологических потребностей животных. Есть предложение использовать в этих целях аминокислотный состав белка тела животных. Нормы аминокислот, полученные таким способом, оказались довольно приблизительными, особенно по метионину, цистину и аргинину. Это объясняется тем, что эти аминокислоты требуются не только как строительный материал белков тела, но и в значительной мере для синтеза некоторых ферментов, гормонов, пептидов и других биологически важных веществ.

Можно полагать, что соотношение аминокислот в молоке свиной обладает высокой биологической ценностью, так как оно обеспечивает рост и развитие поросят в наиболее ответственный период их жизни, в то время как телоявляется результатом питания. Поэтому соотношение аминокислот в свином молоке, по-видимому, может считаться идеальным для нормирования рациона свиной.

Идеальный белок по соотношению аминокислот, рассчитанный на основе молока свиней, оказался очень близким к среднему значению, рассчитанному на основе современных норм потребности в аминокислотах. Животные, получавшие рационы, сбалансированные по молоку, лучше поедали корм и росли на 19-20 % быстрее, чем на рационах, сбалансированных по нормам NRC, затраты корма были ниже на 12-17 %. У них больше откладывалось азота в абсолютном количестве, показатели переваримости и использования азота были на 2-3 % выше.

На основе собственных исследований других авторов предлагаем соотношение аминокислот «идеального» белка (табл. 41). Балансирование не только по количеству, но соотношению аминокислот, будет иметь дополнительный эффект в увеличении продуктивности животных.

Таблица 41. Соотношение аминокислот в идеальном белке свиней и птиц (лизин=100)

Аминокислоты	Растущие свиньи (46)	Мясные куры (63)	Бройлеры (64)	
			Для роста	Отношения корм/рост
Лизин	100	100	100	100
Метионин	30	43	35	34
Метионин + цистеин	56	73	67	68
Триптофан	17	22	19	19
Треонин	61	64	75	70
Изолейцин	57	70	77	76
Лейцин	96	114	124	127
Аргинин	40	90	105	117
Гистидин	30	34	34	37
Валин	68	81	94	84
Фенилаланин	45		63	65
Фенилаланин + Тирозин	97	120	125	125
Глицин + Серин	-		135	125

### Проверочные вопросы:

1. Из каких веществ состоит молекула белка?
2. Назовите незаменимые и заменимые аминокислоты. По какому признаку определяется незаменимость и заменимость.
3. Какие незаменимые аминокислоты называют наиболее лимитирующими (критическими) и почему?
4. Что такое биологическая ценность (БЦ) белка (кажушаяся и истинная), методы определения и уравнения расчета БЦ по Томасу и Томасу – Митчеллу.
5. Что такое идеальная доступность аминокислот. Методы её определения.
6. Какой белок называется идеальным?

7. Почему белок животных кормов превосходит по биологической ценности белок растительных кормов?
8. Классификация белков (их название) по растворимости в воде, солевом растворе, спирте и щелочном растворе.
9. Какие последствия для животного бывают при полном отсутствии или недостатке какой-либо незаменимой аминокислоты?
10. Какое действие на рост свиней и птиц оказывает отсутствие или недостаток заменимых аминокислот?
11. Что такое обновление белка в организме животных. Различия по скорости обновления белка разных органов, тканей, а так же в связи с возрастом и видом животных?
12. Какие препараты незаменимых аминокислот производят на заводах. Какие из них вводят в рационы свиней, птиц?
13. Какие препараты аминокислоты применяют для использования в рационах коров. Чем они отличаются от аминокислот, применяемых в рационах моногастричных животных?

#### **Список литературы:**

1. Аминокислотное питание свиней: Рекомендации / В.Г. Рядчиков, Б.Д. Кальницкий, В.В. Щеглов, М.О. Омаров. – М.: МСХ РФ, 2000. - С. 62.
2. Рядчиков В.Г. Мировые ресурсы растительного и животного белка. Аминокислотный состав / В.Г. Рядчиков, Е.Н. Головкин, И.Г. Бескаравайная. – Краснодар: КубГАУ, 2004. – 732 с.
3. Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. Материалы конференции под редакцией В.Г. Рядчикова, – Краснодар, 2005. 405 с.
4. Рядчиков В.Г., Полежаев С.Л., Омаров М.О. Идеальный белок в рационах свиней и птиц. «Животноводство России», 2010, №2 С. 49-52.
5. Amino Acids in Animal Nutrition. 2<sup>nd</sup> Edition, J.P.F. D'Mello, CABI Publishing 2003, 440 p.

## Качество белка для жвачных

### Переваримость белка у жвачных

Оценка белковой питательности кормов по уровню сырого и переваримого белка (протеина) недостаточна для организации эффективного кормления. С ростом молочной продуктивности выявилась необходимость более глубокого изучения процессов переваривания и использования белка в связи с особенностью пищеварительной системы жвачных животных. В отличие от моногастричных, у жвачных интенсивная переработка корма происходит в рубце под воздействием микроорганизмов, где до 70 % и более белка корма перерабатывается в микробный белок (МБ), который по содержанию аминокислот заметно отличается от состава корма. В сычуг и тонкий кишечник поступают следующие формы белка: а) микробный сырой белок (МСБ), б) нераспавшийся в рубце кормовой белок (НРБ), доля которого составляет около 25-40% белка корма, в) некоторое количество эндогенного белка (ЭБ). Все они под воздействием сычужных и кишечных ферментов, аналогично, как у моногастричных, перевариваются до аминокислот, которые всасываются через кишечную стенку в кровь и используются на основной обмен (поддержание) и производство продукции – молока, мяса и других веществ. Нормирования по переваримому белку (протеину) не дает представления о количестве аминокислот всосавшихся из кишечника в кровь и степени обеспеченности потребности животных в аминокислотах. Жвачным животным, как и моногастричным (свиньям, птице и др.) белок требуется не сам по себе, а как источник аминокислот. Оценить количество возможно по вкладу белков, поступивших в тонкий отдел кишечника.

В настоящее время для свиней и птиц установлен состав идеального белка, который используется с высокой эффективностью. Поэтому важно знать нормы потребности незаменимых аминокислот и состав идеального белка и для жвачных животных.

Источниками аминокислот, поступающих в обменный фонд организма, как уже указывалось, являются МСП, НРП и ЭБ после переваривания в тонком кишечнике. Важно знать вклад каждого из них в истинно переваримый белок, названный обменным (метаболическим) белком (ОБ), который является источником всосавшихся из кишечника в кровь аминокислот. Чтобы определить количество ОБ, необходимо понять судьбу общего белка корма и его белковых фракций, в процессе пищеварения у жвачных.

## Деграция белка в рубце

Наиболее используемая модель, определяющая кинетику распадаемости белка в рубце, делит СБ на три фракции А, В и С. Каждая фракция выражается в процентах от СБ (таблица 42).

Таблица 42. Характеристика фракций сырого белка

Фракции	Состав	Рубцовая распадаемость, %/час	Кишечная переваримость, %
А	Небелковые азотсодержащие вещества, а также небольшое количество белка, быстро покидающего капроновый мешочек (при определении переваримости в рубце у канюлированных жвачных) - <i>in situ</i> , это, в основном, легкорастворимые альбумины.	200 – 300	не достигают кишечника
В	Остаток сырого белка в мешочке - <i>in situ</i> . Этот белок потенциально распадаем, что зависит от продолжительности его нахождения в рубце и скорости убытия из рубца.	0,1 – 15	80 – 100
С	Не распадается в рубце, остается в мешочке после длительной инкубации <i>in situ</i> .	0	0

**Фракция А** – это небелковый азот (НБН), который быстро (сразу) распадается, в эту фракцию входит некоторое количество истинного белка (легкорастворимые альбумины) и очень мелких белковых частиц, которые проходят через поры капронового мешочка в опытах *in situ*. Эта фракция представляет распадаемый в рубце белок (РРБ),

**Фракция В** является нераспадаемой фракцией (НРБ) и включает белки, которые потенциально распадаемы, поэтому В-фракцию следует рассматривать с точки зрения скорости ее убытия из рубца в сычуг. Часть фракции В, которая распадается в рубце, определяют по скорости распадаемости ( $K_p$ ) и скорости убытия из рубца ( $K_y$ ).

**Фракция С** – рассматривается как нераспадаемые в рубце и практически непереваримые в кишечнике белки клеточных стенок- кислотно-детергентный нерастворимый сырой белок (КДНСБ) и нейтрально-детергентный нерастворимый сырой белок (НДНСБ), связанные с лигнином, таннином, а так же пораженные теплом белки с образованием продуктов реакции Майларда (Maillard). Эта фракция определяется как СБ, остающийся в *in situ* мешочке после 48 часовой инкубации в рубце.

Эта модель используется в США (NRC–2001) и ряде западных стран для нормирования рационов по РРБ, НРБ, расчета потребности в обменной белке (ОБ) и количестве доступных аминокислот.

Многочисленные факторы влияют на количество деградируемого белка в рубце. Два наиболее важных химических фактора: а) концентрация небелкового азота (НБН) и истинного белка, б) физические и химические свойства истинных белков (чем выше количество дисульфидных связей, тем ниже распадаемость). Компоненты небелкового азота (свободные аминокислоты, пептиды, амиды) деградируются быстро в рубце, так что деградация НБН принята за 100%. Когда животных кормят только грубыми кормами, размеры перехода азота (НРБ+эндогенный белок) из рубца в кишечник часто бывают менее 30% от потребленного.

Скорости деградации белков различных кормов сильно различаются (Харитонов Е.Л., 2011). Например, различия в  $K_p$ , представленные в таблице 20, составляют от 1,4% для селечной муки до 29,2% для подсолнечного шрота. Принимая  $K_y$  для каждого корма за 7%/час, различия в деградируемости В-фракции может быть от 16,7 до 80,7%. Различия белков по скорости распадаемости связаны с различиями в трехмерной структуре, различиями внутренних и внешних молекулярных связей, особенностями клеточных стенок и присутствием антипитательных факторов.

### **Образование и переваримость микробного белка**

Синтезированный в рубце микробный сырой белок (МСБ) обеспечивает наибольшую часть аминокислот, поступающих в организм из тонкого кишечника. МСБ является белком бактерий, протозоа, микроскопических грибов, среди которых бактериальный белок составляет наибольшее количество. Протозоа составляет значительную биомассу в рубце, но из-за замедленного размножения, они дают всего около 10% поступающего из рубца МСБ.

Источниками синтеза МСБ являются: а) небелковые азотсодержащие вещества, б) распадаемый в рубце белок (РРБ) и в) эндогенный белок пищеварительного тракта.

**Расчет образования МСБ по сухому веществу.** На основе опытов установлено, что образование микробного сырого белка (МСБ) у взрослого крупного рогатого скота, в т. ч. лактирующих коров, составляет 130г/кг переваримых питательных веществ (ППВ), при кормлении на уровне поддержания. При продуктивном кормлении коров, которое в 2-4 раза превышает поддерживающее, делают поправки путем снижения количества ППВ на 8%:  $МСБ=130г \times (СППВ-8\%)$  кг.

**Расчет образования МСБ из РРБ.** Установлено, что коэффициент эффективности использования в рубце азота РРБ составляет 0,9, поскольку некоторая часть (около 10%) аммиака и мочевины всасывается через стенку рубца в кровь и теряется с мочой, среднее отношение трансформации РРБ в МСБ составляет 1,18:1 или 1:0,85 ( $1:1,18=0,85$ ).

Таким образом, выход МСБ по количеству РРБ рассчитывают:

$$\text{МСБ} = 0,9 \text{ РРБ} \times 0,85 = \text{РРБ} \times 0,765$$

**Пример расчета выхода МСБ:** корова ж.м. 600 кг, на 12 неделе лактации, надой 30кг, жир молока 3,8%, белок 3,3%, потребление СВ-19 кг, содержание органического вещества (ОВ)=96,5%, или 18,34кг ( $19 \times 0,965 = 18,34$ ), переваримость ОВ = 75%, СППВ(кг) =  $18,34 \times 0,75 = 13,76$ , с учетом 8% поправки СППВ =  $13,78 \times 0,92 = 12,68$  кг. Содержание РРБ = 10,6% СВ, или 2014г ( $106 \times 19 = 2014$ г).

а) расчет выхода МСБ по СППВ с учетом 8% поправки:

$$130 \times 12,68 = 1648 \text{г,}$$

Расчет выхода МСБ по РРБ:

$$2014 \times 0,9 \times 0,85 = 1541$$

Средняя цифра синтеза МСБ по СВ и РРБ:

$$(1648 + 1541) / 2 = 1595.$$

### **Определение количества нераспадаемого в рубце белка (НРБ)**

Метод *in situ* позволяет идентифицировать три фракции азота А, В и С и скорость распада ( $K_p$ ) фракции В. Фракция С, как остаток в капроновом мешочке после продолжительной инкубации, считается нераспадаемым белком. Фракция В плюс часть фракции С считаются НРБ. РРБ рассчитывается:  $100 - \text{НРБ}$ .

Ряд факторов, связанных с рационом, рН рубца, частотой кормления, размером частиц и  $K_y$ , влияют на величину  $K_p$ .

NRC-2001 предлагает уравнения для расчета количеств РРБ и НРБ в отдельных кормах и рационах:

$$\text{РРБ} = \text{А} + \text{В} [K_p / (K_p + K_y)],$$

где РРБ=РРБ корма, % СВ

А= фракция А, % СВ

В= фракция В, % СВ

$K_p$ = скорость распадаемости фракции В, %/час

$K_y$ = скорость убытия из рубца фракции В, %/час

$$\text{НРБ} = \text{В} [K_y / (K_p + K_y)] + \text{С},$$

где НРБ= НРБ корма, % СВ

В= фракция, % СВ

$K_p$ = скорость деградации фракции В, %/час

$K_y$  = скорость убытия из рубца фракции В, %/час

С= фракция С, % СВ

Сумма РРБ+НРБ=100%

Эти уравнения действуют при знании  $K_y$  для каждого корма. В 275 опытах определили  $K_y$  для разных кормов, на основе которых предлагаются уравнения для расчета  $K_y$  следующих кормов:

Силоса и свежей зеленой массы трав:

$$K_y = 3,054 + 0,614x_1$$

где  $K_y$  – скорость убытия из рубца, %/час

$x_1$  – потребление СВ, % ЖМ.

Сена и грубых сухих кормов:

$$K_y = 3,362 + 0,479x_1 - 0,007x_2 - 0,017x_3,$$

где  $K_y$  – скорость убытия из рубца, %/час

$x_1$  – потребление СВ, % ЖМ;

$x_2$  – концентраты, % СВ;

$x_3$  – НДК корма, % СВ.

Концентратов:  $K_y = 2,904 + 1,375x_1 - 0,020x_2$ ,

где  $K_y$  – скорость убытия из рубца, %/час

$x_1$  – потребление СВ, % ЖМ;

$x_2$  – концентраты, % СВ.

Примеры расчета скорости убытия фракции В кормов из рубца коровы 600кг ж.м., потребление корма: 1-ый вариант - 18,5 кг СВ/гол/день; 2-ой вариант - 16 кг/гол/день.

Потребление СВ процентах от ж.м.:

1)  $(18,5:600) \times 100 = 3,08\%$

2)  $(16:600) \times 100 = 2,67\%$

Скорость убытия фракции В силоса кукурузного из рубца, %/час:

1)  $K_y = 3,054 + 0,614 \times 3,08 = 4,95$

2)  $K_y = 3,054 + 0,614 \times 2,67 = 4,69$

Скорость убытия фракции В люцернового сена из рубца. Содержание в рационе концентрированных кормов – 50% СВ, НДК – люцернового сена 39,6% СВ.

1)  $K_y = 3,362 + 0,479 \times 3,08 - 0,007 \times 50 - 0,017 \times 39,6 = 3,81$

2)  $K_y = 3,362 + 0,479 \times 2,67 - 0,35 - 0,673 = 3,62$

Скорость убытия фракции В концентратов, например, дерти кукурузной, количество которой в рационе 18% СВ:

1)  $K_y = 2,904 + 1,375 \times 3,08 - 0,020 \times 18 = 7,24$

2)  $K_y = 2,904 + 1,375 \times 2,67 - 0,36 = 6,22$

Зная  $K_y$  и пользуясь данными приложения 2, где дано содержание фракций А, В и С, рассчитываем содержание РРБ и НРБ:

в силосе кукурузном при скорости убытия 4,95%/час и 3,08% потреблении СВ:

$$\text{РРБ} = 48,8 + 27,6 [3,2 / (3,2 + 4,95)] = 59,6$$

$$\text{НРБ} = 27,6 [4,95 / (3,2 + 4,95)] + 23,6 = 40,2$$

в сене люцерновом:

$$\text{РРБ} = 41,9 + 49,2 [16,6 / (16,6 + 3,81)] = 81,9$$

$$\text{НРБ} = 49,2 [3,81 / (16,6 + 3,81)] + 8,9 = 18,1$$

в кукурузной дерти:

$$\text{РРБ} = 23,9 + 72,5 [4,9 / (4,9 + 7,24)] = 53,2$$

$$\text{НРБ} = 72,5 [7,24 / (4,9 + 7,24)] + 3,6 = 46,8$$



## **Переваримость НРБ в кишечнике**

На основе исследований установлено, что коэффициент переваримости НРБ в среднем составил 0,8 (80%). По данным Webster, 1984 кислотнo-детергентный нерастворимый сырой белок – КДНСБ, который составляет фракцию С, не распадается как в рубце, так и не переваривается в тонком кишечнике.

Для определения кишечной переваримости НРБ используют такие методы: а) метод *in vivo* на нежвачных животных, б) техника мобильных нейлоновых мешочков *in situ* и *in vivo* на канюлированных жвачных животных. Получаемые результаты часто зависят от размещения канюль и свойств используемых инертных маркеров в потоке химуса. Наиболее широко используется метод для определения истинного переваривания НРБ методом мобильных мешочков (пористость от 5 до 53 мкм). Несмотря на то, что в этом методе требуются операции по фистулированию и канюлированию рубца и дуоденума, тем не менее, эта техника дает более точные и физиологически обоснованные результаты. Метод состоит в том, что небольшое количество промытого недораспавшегося в рубце остатка корма после переваривания *in situ* помещают в меньший по размеру мешочек. Затем мешочек, предварительно промоченный в растворе пепсина/HCl в течении от 1 до 3 часов, помещают в дуоденум канюлированного жвачного животного и затем возвращают или через канюлю в терминальной части подвздошной кишки-илеуме, или (более типично из-за удобства) из фекалия. Сравнение илеального и фекального возврата мобильных мешочков дает сходные показатели переваримости НРБ. Содержимое возвращенных мешочков тщательно промывают, чтобы удалить эндогенные и другие примеси, после чего анализируют на содержание белка и аминокислот. Поэтому определение переваримости НРБ в кишечнике этим методом рассматривается как определение истинной переваримости, а не кажущейся.

## **Обменный белок (ОБ)**

Синтезируемый в рубце микробный сырой белок (МСБ), нерастапааемый в рубце белок (НРБ) и эндогенный белок (ЭБ) составляют фонд обменного белка (ОБ), т.е. белка, который переваривается в тонком кишечнике до аминокислот, которые всасываются, поступают в кровяное русло и используются в организме животных для удовлетворения основного обмена (поддержания) и производства продукции – молока, мяса и других жизненно-важных веществ. Питательная ценность ОБ определяется составом незаменимых аминокислот. Это наиболее важное условие эффективности белка в снижении затрат на производство продукции и потерь азота. ОБ, всосавшийся в кишечнике в виде аминокислот, считается истинно переваримым белком, обеспечиваю-

щим потребность животного в незаменимых и заменимых аминокислотах.

### Определение количества ОБ

1) МСБ (бактериальный+протозоа) содержит 80% истинного белка, остальные 20% предоставлены азотом нуклеиновых кислот. Истинный микробный белок имеет коэффициент переваримости 80%. Следовательно, конверсия МСБ в ОБ составляет 64%  $(0,64) [(80 \times 80)/100]$ .

2) Признано, что переваримость чистого белка в кишечнике варьирует от 50 до 100%, поэтому, вклад НРБ в ОБ будет зависеть от вида корма. При расчете вклада НРБ в ОБ необходимо пользоваться данными по переваримости НРБ, которые представлены в приложении 2.

3) Установлено, что истинный эндогенный белок в эндогенном сыром белке (ЭСБ), переходящем в дуоденум, составляет 50%, переваримость которого в тонком кишечнике – 80%, поэтому конверсия ЭСБ в ОБ будет равна 40%  $[(50 \times 80)/100]$ . На каждый 1кг потребленного сухого вещества образуется 1,9г эндогенного азота. Количество обменного белка, образуемого за счет ЭСБ, будет определяться уравнением:  $ОБ_{ЭСБ} = 1,9 \times 6,25 \times ПСВ \times 0,4$ .

Для коровы, потребляющей 19 кг СВ:  $ОБ_{ЭСБ} = 1,9 \times 6,25 \times 19 \times 0,4 = 90,25$ г.

Образование МСБ из РРБ рассчитывается:  $МСБ = РРБ \times 0,765$ ,

Следовательно, образование ОБ из РРБ должно составить:  $ОБ = РРБ \times 0,765 \times 0,64 = РРБ \times 0,49$

### Потребность в обменном белке (ОБ)

#### а) Потребность на поддержание

Определение потребности в обменном белке основано на факториальном методе, который включает потребность на поддержание, продукцию и репродукцию.

Потребность в ОБ на поддержание рассчитывается по количеству эндогенного азота мочи, азота поверхностных белков (перхоти, волос, потовых и других секретов кожи), эндогенного белка переднего отдела пищеварительного тракта и метаболического белка кала.

1) Эндогенный азот мочи представляет продукты (мочевина, креатин, креатинин), образованные в процессе основного обмена белка в организме животных, обозначается как чистый эндогенный белок мочи (ЧЭБ<sub>м</sub>). Эти затраты можно выразить уравнением Swanson, 1977:

$$ЧЭБ_{м} \text{ (г/д)} = 2,75 \times ЖМ^{0,50}$$

Признавая эффективность конверсии ОБ в чистый белок по коэффициенту 0,67, потребность в ОБ на эндогенные затраты основного обмена белка составят:

$$ОБ_{эм} = 2,75 / 0,67 \times ЖМ^{0,50} = 4,1 \times ЖМ^{0,50}$$

2) Чистый эндогенный поверхностный белок (ЧЭПБ) по уравнению Swanson (1977) составляет:

$$\text{ЧЭПБ (г/д)} = 0,2 \times \text{ЖМ}^{0,60}$$

Учитывая, что коэффициент конверсии ОБ в чистый белок равен 0,67, потребность в ОБ на поверхностный чистый белок составит:

$$\text{ОБпб} = 0,2 / 0,67 \times \text{ЖМ}^{0,60} = 0,3 \times \text{ЖМ}^{0,60}$$

3) Чистый эндогенный белок (ЧЭБ) переднего отдела пищеварительного тракта связывают с потреблением сухого вещества:

$$\text{ЧЭБ} = 1,9 \times 6,25 \times \text{ПСВ (кг)} \times 0,4$$

4) Метаболический белок кала (МБ<sub>к</sub>) рассчитан по уравнению, основанному на потреблении количества сухого вещества:

$$\text{МБкл (г)} = 30 \times \text{ПСВ (кг)},$$

где МБкл (г) – метаболический белок кала (г), ПСВ – потребление сухого вещества (кг). Метаболический белок кала состоит из бактерий и их остатков, синтезированных в слепой и ободочной кишках толстого отдела, кератинизированных клеток и других компонентов. На основе исследований с применением безбелковых рационов установили, что до 50% непереваренного микробного СБ в кале относится к эндогенному кишечному белку. Расчет потребности в ОБ для метаболического белка кала делают по уравнению:

$$\text{ОБкл} = [(\text{ПСВ(кг)} \times 30) - 0,50((\text{бактериальный ОБ}/0,80) - \text{бактериальный ОБ})]$$

Эффективность использования всосавшегося ОБ в эндогенный составляет 0,67. Поэтому, чтобы рассчитать потребность в ОБ надо эндогенный белок разделить на 0,67. Общее уравнение для предсказания потребности в ОБ на поддержание (г/д):

$$\text{ОБ} = 4,1 \times \text{ЖМ}^{0,50} (\text{кг}) + 0,3 \times \text{ЖМ}^{0,60} (\text{кг}) + [(\text{ПСВ(кг)} \times 30) - 0,50((\text{бактериальный ОБ}/0,8) - \text{бактериальный ОБ})] + \text{ЭБ}/0,67;$$

**б) Потребность в ОБ на продукцию молока (ОБ лакт.)**

Потребность в ОБ на лактацию базируется на количестве белка в молоке (Б<sub>м</sub>) с поправкой на количество мочевины, равное 5% от общего количества белка:

$$\text{Бм (г)} = \text{М} \times \text{Б(г/кг)} \times 0,95,$$

где М – надой молока, кг/д.

Коэффициент использования ОБ на чистый белок молока равен 0,67, поэтому потребность в ОБ на производство молока:

$$\text{ОБл(г)} = \text{Бм(г)} / 0,67$$

**в) Потребность в ОБ на беременность (ОБ<sub>б</sub>)**

Сухостойным коровам питательные вещества нужны для поддержания самой коровы, роста плода и роста матерей, если они еще нетели или первотелки. Потребность в белке на стельность является функцией сроков беременности и веса плода, поэтому её начинают учитывать в период между 190 и 279 днями беременности.

Масса теленка при рождении составляет 6,25% от живой массы матери. Среднесуточный прирост плода вместе с плацентой для голштинских пород определяется по соотношению ожидаемой массы теленка при рождении (ЖМТР, кг) со стандартной массой голштинских телят, равной 45 кг (ЖМТР/45) от коров жм 730 кг и стандартным среднесуточным приростом 670 г.

Пример расчета ЖМТР, кг и среднесуточного прироста для голштинской коровы с живой массой (без плода) 600 кг.

$$\text{ЖМТР}=(6,25 \times 600)/100=37,5 \text{ кг}$$

**Среднесуточный прирост в период беременности**= $670 \times (37,5/45)=558$  г

Содержание чистого белка в приросте живой массы плода составляет 19%. Коэффициент использования ОБ на чистый белок плода=0,33. Пример расчета потребности в ОБ на беременность у коровы живой массы 600 кг. Чистый белок плода (г/д)=(558x19)/100=106

Потребность в ОБ на рост плода (ОБр.пл):

$$\text{ОБпл(г/д)}=94,9:0,33=287,6 \approx 288$$

**г) Потребность в ОБ на рост, на потери и прирост живой массы (ОБр)**

Потребность в чистом белке ЧБ (г/д) на прирост и потери живой массы рассчитывают по среднесуточному приросту или потере живой массы (ССПЖМ).

**д) Потребность на потери живой массы**

Содержание белка в мобилизуемых тканях тела средней упитанности коров (без содержимого желудочно-кишечного тракта и мочи) в среднем составляет 171г. Пустое тело (без содержимого) составляет 0,817 от обычной живой массы. Следовательно, в 1кг мобилизуемой живой массе содержится  $171 \times 0,817=139,7$ г белка. Мобилизуемый белок используется с такой же эффективностью, как всосавшиеся аминокислоты. Следовательно, с потерей 1кг ж.м. корова дополнительно получает 139,7г. белка, который относится к ОБ.

**е) Потребность ОБ на рост**

Эффективность использования ОБ на отложение белка в приросте живой массе=59% (K=0,59). Следовательно, на отложение белка в 1кг прироста живой массы потребуется:

$$\text{ОБпр.ж.м.}=139,7/0,59=236,8 \text{ г/кг ж.м.}$$

**Пример расчета потребности в ОБ на поддержание и лактацию**

Корова ж.м. 600 кг, надой молока 30 кг/д, содержание жира в молоке 3,8%, белка 3,3%, потребление СВ–19 кг/д, переваримость СВ–75%, содержание органических веществ (ОВ) – 96,5% (0,965 кг/кг СВ).

Потребность ОБ на поддержание (ОБ<sub>пд</sub>):

а) На эндогенный белок мочи:  $ОБ_{эм} = 4,1 \times ЖМ^{0,50} = 4,1 \times 24,49 = 100,4 \text{ г}$

б) На эндогенный поверхностный белок (пб):

$$ОБ_{эпб} = 0,3 \times ЖМ^{0,60} = 0,3 \times 46,4 = 13,9 \text{ г}$$

в) На эндогенный белок (ЭБ) переднего отдела пищеварительно-го тракта:

$$ОБ_{э} = 1,9 \times 6,25 \times 19 \times 0,4 = 89,7 \text{ г}$$

г) На метаболический эндогенный белок кала:

$$ОБ_{кл} = [(ПСВ(\text{кг}) \times 30) - 0,5((\text{микробный } ОБ/0,80) - \text{микробный } ОБ)] = (19 \times 30) - 0,5 \times ((1053/0,8) - 1053) = 570 - 0,5 \times 263 = 438$$

Расчет микробного ОБ:

а) МСБ (г) =  $130 \times СППВ$

б) СППВ =  $СВ(\text{кг}) \times 0,75 \times 0,965 = 19 \times 0,75 \times 0,965 = 13,75$

в) СППВ с 8% поправкой:  $13,75 \times 0,92 = 12,65 \text{ г}$

г) МСБ =  $130 \times 12,65 = 1645 \text{ г}$

д) чистый микробный белок =  $1645 \times 0,8 = 1316 \text{ г}$

е) обменный микробный белок =  $1316 \times 0,8 = 1053 \text{ г}$

$$ОБ_{ид} = ОБ_{м} + ОБ_{эпб} + ОБ_{э} + ОБ_{кл} = 100,4 + 13,9 + 89,7 + 438 = 642 \text{ г}$$

$$ЧБ_{л} = 30 \times 33 \times 0,95 = 941 \text{ г}$$

$$ОБ_{л} = 941/0,67 = 1404 \text{ г}$$

$$ОБ_{ид+пр} = 642 + 1404 = 2046 \text{ г}$$

$$ОБ, \% СВ = 2046/19 = 10,8$$

### Потребность в сыром белке

Образование обменного белка из сырого белка корма составляет от 62-68%, в среднем 65%, т.е. по коэффициенту 0,65.

Следовательно, содержание сырого белка в рационе должно быть:

$$СБ = 2046/0,65 = 3148 \text{ г, или } 16,6\% СВ [(3,148 \times 100)/19].$$

### Определение количества РРБ и НРБ

Выход МСБ, рассчитанный по СППВ составил 1648 г. Отношение выхода МСБ к РРБ составляет 0,85/1, следовательно, на синтез 1648г МСБ требуется 1938г РРБ, с учетом коэффициента 0,9 используемого РРБ в рубце, общее количество потребленного сырого РРБ =  $1938/0,9 = 2153 \text{ г}$

$$\text{Количество НРБ} = СБ - РРБ = 3148 - 2153 = 995 \text{ г}$$

$$РРБ\% СВ = [(2,153 \times 100)/19] = 11,3\%$$

$$НРБ\% СВ = [(0,995 \times 100)/19] = 5,3\%$$

$$\text{Отношение РРБ:НРБ} = 68:32$$

## Расчет обеспеченности коров аминокислотами

Зная количество усвоенных микробного и нераспадаемого белка, становится возможным рассчитать количество усвоенных в тонком кишечнике аминокислот и определить степень обеспеченного аминокислотами коров в соответствии с потребностью.

В качестве примера рассчитали количество доступных аминокислот у коров жм 600 кг надой 30 кг молока в период лактации 22-120 дней, получавших корм по рациону, представленному в таблице 57.

Таблица 43. Количество истинно переваренных (усвоенных) лизина и метионина из 1 кг СВ рациона коров в тонком кишечнике

Корма	РРБ, г	НРБ, г	Коэффициент переваримости НРБ	ИПНРБ*, г	Содержится в ИПНРБ	
					лизин, г	метионин, г
Силос кукурузный	14,6	6,2	0,70	4,34	0,108	0,066
Сенаж люцерновый	16,5	5,3	0,65	3,45	0,152	0,047
Сено люцерновое	10,5	2,6	0,70	1,82	0,092	0,028
Жом сырой	1,6	2,0	0,80	1,60	0,070	0,020
Кукуруза (дерть)	7,4	5,4	0,90	4,84	0,138	0,104
Пшеница (дерть)	6,4	1,9	0,95	1,81	0,051	0,029
Ячмень (дерть)	6,2	1,7	0,85	1,45	0,053	0,025
Патока свекловичная	2,0	0,4	1,0	0,40	0,004	0,001
Жмых соевый	16,5	28,1	0,93	26,13	1,649	0,379
Жмых подсолнечный	23,3	5,1	0,90	4,59	0,163	0,105
Отруби пшеничные	2,8	0,6	0,75	0,45	0,018	0,007
Итого:	107,8				2,49	0,82

\* ИПНРБ – истинно переваримый НРБ

Расчет образования МСБ и ОБ в расчете на 1 кг потребленного сухого вещества (содержание органического вещества 95%, переваримость 75%).

1. Сумма переваримых органических питательных веществ:

$$\text{СППВ} = 0,95 \times 0,75 \times 0,92 = 0,656 \text{ кг}$$

2. МСБ =  $130 \times 0,656 = 85,3$  г

3. ОБ =  $85,3 \times 0,64 = 54,6$  г

Расчет образования МСБ и ОБ на основе РРБ: ОБ =  $107,8 \times 0,49 = 52,8$

Цифры образования ОБ по потребленному сухому веществу и РРБ близкие. В среднем: ОБ =  $(54,6 + 52,8) / 2 = 53,7$

Используя данные по содержанию аминокислот в микробном белке рассчитывали содержание истинно всасываемых лизина и метионина из обменного белка (таблица 44).

Таблица 44. Содержание аминокислот в микробном белке г/100 г СБ

Лизин	8,9	Аланин	6,2
Гистидин	2,2	Цистин	1,1
Аргинин	5,5	Валин	6,6
Аспарат	11,5	Метионин	2,7
Треонин	5,4	Изолейцин	6,3
Серин	3,8	Лейцин	7,7
Глютамат	13,4	Тирозин	4,6
Пролин	4,3	Фенилаланин	5,1
Глицин	5,7	Триптофан	1,1

Лизин,  $г=(8,9 \times 53,7)/100=4,78$  г

Метионин,  $г=(2,7 \times 53,7)/100=1,45$

Используя коэффициенты переваримости приложение 2 и данные по содержанию аминокислот в сыром белке кормов рассчитываем количество истинно переваримого НРБ для каждого корма, содержание в них и суммарное количество лизина и метионина. Оно составило соответственно 2,49 г лизина и 0,82 г метионина. Общее количество этих аминокислот при потреблении коровой одного кг сухого вещества составило: лизин:  $4,78+2,50=7,28$  г; метионин:  $1,45+0,82=2,27$  г.

При потреблении коровой в день 19,8 кг сухого вещества в тонком кишечнике всосалось: лизина:  $7,28 \times 19,8=144,1$  г; метионина  $2,27 \times 19,8=44,9$  г.

Таблица 45. Потребность лактирующих коров в доступных аминокислотах на синтез 1 кг молока (3,4 % белка), г/кг (Кальницкий Б.Д., Харитонов Е.Л., 2005)

Аминокислоты	г/кг молока	Поддержание, г/кг белка тела
Метионин	1,00	0,05
Гистидин	1,13	0,08
Лизин	3,15	0,21
Лейцин	3,47	0,16

По данным Б.Д. Кальницкого и Е.Л. Харитонova потребность в всоавшихся лизине и метионине на поддержание составляет 0,21 и 0,05 г в расчете на 1 кг белка жм, на производство 1 кг молока, соответственно, 3,15 и 1 г (таблица 45). Содержанеи белка в 1 кг жм 139,7 г всего у коровы жм 600 кг:  $0,1397 \times 600=83,82$  кг белка. Коэффициенты усвоения всосавшегося лизина на поддержания = 0,85, образование молока 0,82. Коэффициент усвоения метионина 0,85 и 1,0 соответственно (D.G. Fox and L.O. Tedeschi, 2003). С учетом коэффициентов усвоения потребность в лизине составит:  $Л_{пд}=(0,21 \times 83,82)/0,85=20,7$ ;  $Л_{пр}=(3,15 \times 30)/0,82=115,24$ ; Потребность в метионине:  $М_{пд}=(0,05 \times 83,82)/0,85=4,93$ ;  $М_{пр}=(1 \times 30)/1=30$

Обща потребность:  $Л_{общ}=20,7+115,24=135,94$

$М_{общ}=4,93+30=34,93$

Следовательно, наш рацион оказался даже избыточным по лизину на 6 %, по метионину на 28,6%.

#### **Проверочные вопросы**

1. Что представляет собой метод *in Situ* определения переваримости сырого белка в рубце жвачных, какие показатели получают этим методом.
2. Образование в рубце микробного сырого белка МСБ, методы расчета МСБ.
3. Белковые фракции А, В, С, их источники и характеристика по переваримости в тонком отделе кишечника.
4. Источники формирования распадаемости в рубце белка (РРБ), методы определения количества РРБ.
5. Источники образования нераспадаемого в рубце белка (НРБ). Методы расчета количества НРБ.
6. Коэффициент убытия ( $K_y$ ) и распадаемости ( $K_p$ ) белков в рубце жвачных, методы их расчета.
7. Что такое обменный белок, определение количества ОБ.
8. Определение потребности коров в обменном белке факториальным методом (потребность на поддержание, производство молока, на стельность).
9. Технология расчета обеспеченности коров истинно переваримыми незаменимыми аминокислотами.

#### **Список литературы:**

1. Харитонов Е.Л., Физиология и биохимия питания молочного скота.- Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011, -372 с.
2. Amino Acids in Animal Nutrition. 2<sup>nd</sup> Edition, J.P.F. D'Mello, CABI Publishing 2003, 440 p.
3. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, NRC, USA, 2001
4. ARC The Nutrient Requirement of Ruminants Livestock 1980/ Slough, England.



## Минеральная питательность кормов

Сельскохозяйственные животные нуждаются в следующих минеральных веществах: кальции, фосфоре, магнии, калии, сере, натрии, хлоре. Эти вещества требуются в граммах на кг сухого вещества и называются **макроэлементами**. А так же в железе, меди, цинке, селене, йоде, марганце, кобальте, которые требуются в миллиграммах и называются **микроэлементами**. Хром так же признан обязательным элементом. Кобальт необходим для синтеза витамина В<sub>12</sub>. Есть отдельные сообщения, что мышьяк, бром, фтор, молибден, никель, кремний, ванадий имеют физиологическое значение. Но они требуются в таких незначительных количествах, что необходимость их контроля в рационе пока не доказана.

Все минеральные элементы, помимо участия в составе некоторых тканей, прежде всего в костяке, выполняют важные регуляторные функции в качестве активных компонентов ферментов. Железо входит в состав гемоглобина крови, натрий и калий участвуют в  $\text{Na}^+ \text{K}^+$  - насосе, обеспечивающем мембранный электрический потенциал клеток. Фосфор входит в важнейшие структуры организма: аденозинтрифосфат (АТФ), ДНК, РНК и др. В настоящее время в возрастающих масштабах внедряется технология интенсивного животноводства, предусматривающая отсутствие соприкосновения животных с естественной средой – почвой, растительным и животным миром. Поэтому обеспечение макроэлементами (Са, Р, Mg, К) осуществляется за счет кормов и минеральных добавок, микроэлементами – почти полностью за счет премиксов.

### Макроэлементы

**Кальций.** Является главным структурным элементом костной ткани, участвует в регенерации потенциала действия в нервных и мышечных клетках, в синапсах, играет ключевую роль в мышечном сокращении.

**Фосфор.** Как и кальций является структурным элементом костной ткани, играет важную роль в энергетическом обмене, как компонент АТФ в составе ДНК и РНК, ферментов, фосфолипидов и фосфопротеинов.

Симптомы дефицита кальция и фосфора сходны с симптомами дефицита витамина D. Они включают депрессию роста, плохую минерализацию костей, приводящую к рахиту у молодняка и остеомаляции у взрослых, параличу задних ног, в особенности к концу лактации.

**Натрий.** Основной катион внеклеточной жидкости, участвует в качестве компонента калий-натриевого насоса, образовании и проведе-

нии электрических потенциалов в нервной и мышечной ткани, участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия в жидкостях организма.

**Хлор.** Является главным внеклеточным анионом организма, компонентом желудочного сока в составе соляной кислоты. Является необходимым веществом, влияющим на кислотно-щелочное равновесие.

Дефицит натрия и хлора вызывает снижение скорости роста. Чрезмерно высокое содержание их в воде или корме может вызывать токсикоз, выражающийся нервозностью, слабостью, эпилепсией, параличом и гибелью животных.

**Калий.** Главный катион внутриклеточной жидкости. Как и натрий участвует в регенерации потенциала действия, в поддержании щелочного резерва организма. Симптомы дефицита калия: анорексия (отказ от корма), истощение, грубый волосяной покров, пассивность, атаксия, снижение частоты пульса.

**Магний.** Является кофактором многих ферментов, играет важную роль в активации стабильности нуклеиновых кислот, создании и проведении нервных импульсов, входит в состав костной ткани. Симптомы дефицита магния, выявлены на синтетическом рационе: сверхраздражимость, судороги мускулов, нежелание стоять на ногах, неустойчивость, тетания и смерть.

### **Источники минеральных веществ**

**Корма.** Зерновые корма, как основные компоненты комбикормов для свиней и птиц, очень мало содержат кальция (0,3-0,5 г/кг), который практически не вносит сколько-нибудь заметного вклада в баланс Са рационов. В то же время зерновые являются богатыми источниками фосфора, его количество составляет от 2,5 до 4 г в кг зерна (таблица 46). Однако фосфор в зерне прочно связан с фитиновой кислотой и оказывается недоступным для всасывания в пищеварительном тракте свиней и птиц. Из зерна и жмыхов усвоение фосфора находится в пределах 20-30% от его количества в этих кормах. Для освобождения фосфора из фитиновой кислоты применяют фермент фитазу, добавляемую в комбикорм в количестве 0,1-0,2 кг на тонну. Наши исследования показали, что в этом случае освобождается 60-70% фосфора ранее связанного с фитатом. Селекционеры настойчиво работают над созданием низко- и безфитиновых сортов и гибридов злаковых культур. Испытания на свиньях и бройлерах показали, что усвоение фосфора из низкофитиновой кукурузы повысилось до 80-90%. Создание таких сортов имеет большое значение не только с точки зрения улучшения фосфорного питания животных, но также с точки зрения снижения загрязнения окружающей среды фосфором.

Растительные корма – зеленая масса, сенаж, сено из люцерны содержат много кальция (14-16 г/кг СВ), и фосфора 2,8-3,5 г/кг СВ. Сено, сенаж, силос и трава злаковых культур не так богаты фосфором, как бобовые, но по соотношению между Са:Р для жвачных животных они предпочтительнее.

Богатыми источниками кальция и фосфора являются корма животного происхождения, особенно рыбная мука. Но эти корма дорогие, поэтому их используют, в основном, для производства престартерных и стартерных кормов для поросят, цыплят, телят.

Таблица 46. Содержание макроэлементов в кормах, г/кг СВ

Корма	Са	Р	Mg	S	К	Na	Cl
Силос кукур.	2,6	2,5	1,6	1,0	11,0	0,1	1,7
Сено суданки	4,9	2,7	1,9	4,8	18	1,7	6,7
Сено люц.	14,7	2,8	2,9	2,6	23,7	1,0	6,5
Жом сухой	9,1	0,9	2,3	3,0	9,6	3,1	1,8
Кукуруза	0,4	3,0	1,2	1,0	4,2	0,2	0,8
Ячмень	0,6	3,9	1,4	1,2	5,6	0,2	1,3
Жмых соев.	3,6	6,6	3,0	3,4	21,2	0,4	1,0
Патока	1,5	0,3	2,9	3,6	60,6	14,8	-
Отруби	1,3	11,8	5,3	2,1	13,2	0,4	1,6
Рыбная мука	24	17,6	1,8	6,9	10,1	6,1	11,2

### **Балансирование рационов коров по доступным минеральным веществам**

При балансировании рационов по макро- и микроэлементам необходимо учитывать их усвояемость из кормов и минеральных препаратов. Са из объемистых кормов усваивается у крупного рогатого скота на 30 % из концентратов – 60%. Биодоступность фосфора составляет 64 % из объемистых кормов и 70% из концентратов. Особенно сильно дисбаланс минералов отражается на здоровье и продуктивности коров в переходный период. Заболевание коров родильным парезом связано с гипокальциемией и отклонением от нормативного катионно-анионного баланса. Необходимо внимательно относиться к балансированию рационов по минеральным веществам в предродовой 21-0 дн. и послеродовой 0-21 дн. периоды. В качестве примера сделаем оценку ниже представленного рациона на соответствие нормам потребности коров в период 21-0 дн. до отела и при необходимости произведем его корректировку по макроэлементам и катионно-анионному балансу.

В кг СВ рациона имеется избыток К, недостаёт в разной мере количеств остальных макроэлементов до норм потребности. Для устранения недостатка кальция и фосфора необходимо ввести 1 г монокальцийфосфата ( $P=0,211 \times 1=0,2$ ;  $Ca=0,17 \times 1=0,17$ ) и 3 г мела ( $Ca=0,385 \times 3=1,16$ ). В результате содержание фосфора в кг СВ рациона составило:  $P=2,1+0,2=2,3$ ; содержание:  $Ca=3,3+0,17+1,16=4,63$ . Для по-

крытия дефицита 1 г Na необходимо ввести в рацион 2,6 г поваренной соли, которая содержит 39,5% натрия и 59% хлора ( $Na=0,395 \times 2,6=1,03$ ;  $Cl=0,59 \times 2,6=1,53$ ). Содержание макроэлементов в минеральных веществах в таблице 48.

Таблица 47. Содержание макроэлементов в рационе коров в преддельный период 21-0 дн., в 1 кг СВ

Корма	% СВ	кг/кг СВ	Ca	P	Mg	S	K	Na	Cl
Силос кукур.	28,0	0,280	0,73	0,70	0,45	0,28	3,08	0,03	0,48
Сенаж люц.	28,0	0,280							
Сено люц.	8,1	0,081	5,30	1,01	1,05	0,94	8,56	0,28	2,35
Жом сухой	8,7	0,087	0,79	0,08	0,20	0,26	0,83	0,27	0,16
Кукуруза	8,5	0,085	0,03	0,26	0,10	0,09	0,36	0,02	0,07
Ячмень	3,2	0,032	0,02	0,13	0,04	0,04	0,18	0,01	0,04
Жмых соев.	8,7	0,087	0,31	0,57	0,26	0,30	1,84	0,03	0,09
Патока	2,2	0,022	0,03	0,01	0,06	0,08	1,33	0,33	-
Отруби пшен.	3,6	0,036	0,05	0,42	0,19	0,08	0,48	0,61	0,06
Премикс	1,0	0,010							
Итого	100	1000	7,26	3,18	2,35	2,04	16,66	1,58	3,25
Усвояемость, %			45	67			95	80	90
Содержание усвояемых			3,3	2,1			15,8	0,8	2,9
Нормы потребности, усвояемых			4,6	2,3	3,8	3,0	13,0	1,8	8,0
Дефицит-избыток ±			-1,3	-0,2	-1,45	-0,96	2,8	-1,0	-5,1
Добавки, г			1,34	0,2	1,45	1,97		1,03	1,53
итого			4,64	2,3	3,8	4,01	15,8	1,83	4,43

Высокая потребность в хлоре для коров в преддельный период 21-0 дней обусловлена необходимостью поддержания катионно-анионного баланса в соответствии с нормой, равной 0-(-10) мг экв/100 г СВ, т.е. анионы должны превышать катионы.

Дальнейшее повышение количества хлора до нормы за счет NaCl будет сопровождаться повышением катиона  $Na^+$ , что не целесообразно. Необходимо найти другие источники анионов, которыми может быть не только  $Cl^-$ , но и  $S^{2-}$ . Учитывая недостаток магния и серы, их компенсацию можно произвести за счет сульфата магния ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Содержания Mg и S в этом препарате составляет 9,6% и 13,04% соответственно. С добавкой 15 г сульфата магния в кг СВ рациона поступит:  $0,096 \times 15 = 1,45$  г Mg и:  $0,1304 \times 15 = 1,97$  г S. Тепрь рассчитаем катионно-анионный баланс.

Таблица 48. Содержание макроэлементов в минеральных веществах

Минеральные вещества	Ca, %	P, %		Na, %	Cl, %	K, %	Mg, %	S, %
		общ.	доступ.					
Костная мука пропаренная	29,80	12,50	80-90	0,04	-	0,20	0,30	2,40
Мел (углекислый кальций CaCO <sub>3</sub> )	38,50	0,02	-	0,08	0,02	0,08	1,61	0,08
Дикальцийфосфат (CaHPO <sub>4</sub> )	20-24	18,50	95-100	0,18	0,47	0,15	0,80	0,80
Хлористый кальций безводный, чистый CaCl <sub>2</sub> <sup>х<sup>ч</sup>о</sup>	36,11				63,89			
Монокальцийфосфат [Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ]	17,00	21,10	100	0,20	-	0,16	0,90	0,80
Трикальцийфосфат [Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ]	32,00	14	80	-	-	-	-	-
Кальций сернокислый (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	21,85	-		-	-	-	0,48	16,19
Известняк	35,84	0,01		0,06	0,02	0,11	2,06	0,04
Магний углекислый [MgCO <sub>3</sub> ·Mg(OH) <sub>2</sub> ]	0,02	-		-	-	-	30,20	-
Окись магния (MgO)	1,69	-		-	-	0,02	55,00	0,10
Магния сульфат (MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	0,02	-		-	0,01	-	9,60	13,04
Обесфторенный фосфат	32,00	18,00	85-95	3,27	-	0,10	0,29	0,13
Моноаммонийфосфат (NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,35	24,20	100	0,20	-	0,16	0,75	1,50
Калий хлористый (KCl)	0,05	-		1,00	46,93	51,37	0,23	0,32
Калий сернокислый (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	0,15	-		0,09	1,50	43,04	0,60	17,64
Натрий двууглекислый (сода) (NaHCO <sub>3</sub> )	-	-		23,30	-	-	-	-
Натрий углекислый (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O)	0,01	-		27,00	-	0,01	-	-
Натрий хлористый (NaCl)	0,30	-		39,50	59,00	-	0,005	0,20
Натрий фосфорнокислый (NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O)	-	21,50	100	31,04	-	-	-	-
Натрий сернокислый (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O)	-	-		13,80	-	-	-	9,70

### Катионно-анионный баланс (КАБ)

КАБ рассчитывают по уравнению  $КАБ=(Na+K)-(Cl+S)$ , при этом количество катионов и анионов выражают в миллиграмм-эквивалентах на 100 г сухого вещества рационов. В таблицу переносят итоговые цифры содержания в 1 кг СВ рациона  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $S^{2-}$  в мг/100 г СВ. Количество мг экв. рассчитывают делением количества каждого элемента на его атомную массу. Для двухвалентной серы количество мг экв. удваивают.

КАБ в этом варианте расчетов оказался положительным:  $(7,96+40,4)-(12,5+25,0)=48,36-37,5=10,86$  в то время как для коров в предродовой период он должен быть отрицательным. Чтобы добиться необходимого результата, по-видимому, будет целесообразно исключить из рациона патоку (2,2%), которая очень богата калием и даёт его

почти 10% в рационе, а так же вместо 3 г мела ввести 5 г хлористого кальция (CaCl<sub>2</sub>). После исключения из рациона патоки содержание К снизилось до:  $(16,66-11,33) \times 0,95 = 14,56$ . Расчет нового варианта КАБ показал, что мы достигли поставленной цели – КАБ=-1,34, но при этом пришлось увеличить количество кальция относительно нормы на 0,5 г в кг СВ, но это вполне допустимо (таблица 50).

Таблица 49. Расчет катионно-анионного баланса в мгэкв/100г СВ рациона коров в период 21-0 дн. до отела, 1 вариант

Элемент	Содержится в рационе, мг/100г	Атомная масса	Валентность	мгэкв
Na	183	23,0	1	7,96
K	1580	39,1	1	40,4
Cl	443	35,45	1	15,7
S	401	32,06	2	25,0

Таблица 50. Расчет катионно-анионного баланса в мгэкв/100г СВ рациона коров 21-0 дн., 2 вариант

Элемент	Содержится в рационе, мг/100г	Атомная масса	Валентность	мгэкв
Na	183	23,0	1	7,96
K	1456	39,1	1	37,2
Cl	762	35,45	1	21,5
S	401	32,06	2	25,0

$$\text{КАБ} = (\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S}) = (7,96 + 37,2) - (21,5 + 25,0) = 45,16 - 46,5 = -1,34$$

Корова в период 21-0 дней съедает около 13 кг СВ в день, общее количество добавленного сульфата магния составит:  $15 \times 13 = 195$  г, хлористого кальция:  $5 \times 13 = 65$  г, соли:  $2,6 \times 13 = 33,8$  г, монокальцийфосфат:  $2 \times 13 = 26$  г.

Расчеты КАБ для свиноматок делают по вышеописанной технологии.

## Микроэлементы

**Хром.** В качестве кофактора ферментов участвует в углеводном, жировом и белковом обмене, обмене нуклеиновых кислот, взаимодействует с гормоном инсулином, повышая его активность в снижении уровня глюкозы в крови.

**Кобальт.** Является компонентом витамина В<sub>12</sub>, который необходим для кроветворения. Избыток в рационе кобальта (400 мг/кг сухого вещества) может вызвать отказ от корма, «одеревенелость» ног, образование горба, мышечные судороги, анемию.

**Медь.** Участвует в синтезе гемоглобина, синтезе и активации окислительных ферментов. Участвует в процессах кроветворения, ускоряя включение железа в гемоглобин. Дефицит меди приводит к снижению образования гемоглобина, ухудшению кератинизации. Избыток

меди в рационе вызывает токсикоз, который выражается пониженным уровнем гемоглобина, желтухой вследствие накопления меди в печени и органах.

**Йод.** Йод входит в состав гормонов щитовидной железы. Недостаток йода в питании животных приводит к заболеванию щитовидной железы и нарушению белкового, углеводного и минерального обмена веществ. Симптомы острого дефицита йода: остановка роста, увеличенный «зоб» (щитовидная железа), у самок – мертворожденные плоды с отсутствием волосяного покрова. При высоких уровнях йода в рационе (800 мг/кг сухого вещества) подавляется рост, снижается уровень гемоглобина.

**Железо.** Потребность животных в железе обусловлена тем, что оно является ключевой частью гемоглобина эритроцитов. Железо содержится также в миоглобине, в сыворотке крови и плаценте в виде фермента трансферрина, в молоке – лактоферрина. Оно играет важную роль в организме в составе нескольких металлоэнзимов.

Симптомы дефицита: слабый рост, анемия, бледность слизистых оболочек, затрудненное дыхание после небольшой физической активности, периодические судороги мускулов диафрагмы («удар»), увеличенная и ожиревшая печень, заметное расширение сердца, восприимчивость к инфекциям.

**Марганец.** Является составной частью ряда ферментов, участвующих в процессах обмена белков, углеводов и жиров. Симптомы дефицита: повышенное отложение в теле жира, прекращение половых циклов, рассасывание плодов, рождение слабых животных, низкая молочная продуктивность.

**Селен.** Входит в состав фермента глутатионпероксидазы, который в большом количестве образуется в печени и осуществляет детоксикацию перекисей жиров, обеспечивая защиту клеточных и субклеточных мембран от разрушения под действием перекисей. В этом плане селен вместе с витамином Е играет роль антиокислительного агента. Селен действует на щитовидную железу, так как входит в состав фермента йодтиронина-5,1-дийодиназы. Симптомы дефицита: снижение в сыворотке крови глутатион-пероксидазы, неожиданная смерть, некроз печени, отечность толстого отдела кишечника, слизистой и подслизистой желудка, дистрофия скелетных мышц («бледное мясо»), пятнистость и дистрофия мышц сердца, плохая репродукция и молочность, ослабление иммунной системы. Признаки токсикоза селена: анорексия, потеря волосяного покрова, ожирение печени, дегенеративные изменения в печени и почках, отечность, неожиданное отделение копыт, кожи.

**Цинк.** Является компонентом многих металлоферментов, включая ДНК и РНК- синтетазы и трансферазы, многих пищеварительных ферментов и связан с гормоном инсулином. Цинк играет важную роль в

белковом, углеводном и жировом обмене. Классическим признаком дефицита цинка является гиперкератинизация кожи, называемая паракератозом. При недостатке цинка у самцов снижается половая активность, а у самок –многоплодие, в крови снижается уровень щелочной фосфатазы и альбумина. Токсичность проявляется высоким артериальным давлением, гастритами и гибелью.

### Доступность микроэлементов

Микроэлементы из кормов усваиваются плохо, особенно, Mn (2%), Zn (15%), Cu (20%), Se (40%). Поэтому при балансировании рационов по минеральным веществам необходимо обращать на это внимание. Биодоступность микроэлементов высокая (почти 100%) в сернокислых солях, хуже в углекислых и не высокая в оксидах (таблица 51).

Таблица 51. Содержание и биодоступность микроэлементов в препаратах для свиней и птиц

Микроэлемент и его источник	Химическая формула	Содержание вещества, %	Биодоступность, %
1	2	3	4
Медь (Cu)			
Медь сернокислая (пентагидрат)	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25,2	100
Медь хлористая	$\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$	58,0	100
Медь окись	$\text{CuO}$	75,0	0-10
Медь углекислая (моногидрат)	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	50-55	60-100
Медь сернокислая (безводная)	$\text{CuSO}_4$	39,9	100
Железо (Fe)			
Железо сернокислое (моногидрат)	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	30,0	100
Железо сернокислое (гептагидрат)	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20,0	100
Железо углекислое	$\text{FeCO}_3$	38,0	15-80
Железо окись	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	69,9	0
Железо хлорное (гексагидрат)	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	20,7	40-100
Железа закись	$\text{FeO}$	77,8	нет данных
Йод (I)			
Этилендиамид дигидройод	$\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2\text{HI}$	79,5	100
Кальций йодноватокислый	$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	63,5	100
Калий йодистый	$\text{KI}$	68,8	100
Калий йодноватокислый	$\text{KIO}_3$	59,3	нет данных
Магний йодистый	$\text{MgI}_2$	66,6	100
Марганец (Mn)			
Марганец сернокислый (моногидрат)	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	29,5	100
Марганец окись	$\text{MnO}$	60,0	70
Марганец двуокись	$\text{MnO}_2$	63,1	35-95
Марганец углекислый	$\text{MnCO}_3$	46,4	30-100
Марганец хлористый (тетрагидрат)	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	27,5	100
Селен (Se)			
Селенит натрия	$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	45,0	100



1	2	3	4
Селенат натрия (декагидрат)	$\text{Na}_2\text{SeO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	21,4	100
Цинк (Zn)			
Цинк сернокислый (моногидрат)	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35,5	100
Цинк окись	$\text{ZnO}$	72,0	50-80
Цинк сернокислый (гептагидрат)	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	22,3	100
Цинк углекислый	$\text{ZnCO}_3$	56,0	100
Цинк хлористый	$\text{ZnCl}_2$	48,0	100

Таблица 52. Примерный состав микроэлементных премиксов, на кг СВ рациона

Минералы	Ед. изм.	Поросята 21-60 дн.	свиноматки		Коровы		Телята 0-3 мес.	Цыплята яичные	Цыплята бройлеры старт	куры несшк и
			супр.	лактинующие	21-0 дн.	0-21 дн.				
Cu	мг	100	16	15	22,5	15		4,4	8	4
Zn	мг	60	160	50	75	50	40	66	80	66
Mn	мг	50	40	30	75	50	40	66	100	66
I	мг	0,3	0,3	0,3	2,25	1,5	1	0,9	1	0,75
Co	мг				0,75	0,5	0,5			0,2
Se	мг	0,3	0,3	0,3	0,45	0,3	0,5	0,3	0,15	0,15
Fe	мг	150	150	100	30	20	50	33	80	33

### Проверочные вопросы.

1. Какие минералы относят к макроэлементам, какие к микроэлементам и почему?
2. Основные признаки дефицита Ca и P у сельскохозяйственных животных?
3. Какие корма содержат много кальция и какие содержат мало кальция?
4. Какие корма содержат относительно много фосфора и какие содержат мало фосфора?
5. Назовите главные минеральные источники кальция и фосфора, применяемые в животноводстве.
6. Какова доступность (усвояемость) Ca и P в кормах для крс?
7. Что такое фитиновый фосфор, его усвояемость у свиней и птиц, способы повышения усвояемости фитинового фосфора?
8. Какие микроэлементы относят к катионам (+) и какие к анионам (-)?
9. Как рассчитать катионно-анионный баланс рациона и зачем его нужно выдерживать?
10. Назовите корма и минеральные источники богатые катионными и анионными элементами.
11. Назовите основные минеральные источники следующих микроэлементов: Cu, Zn, Mn, Fe, I, Co, Se.
12. Роль микроэлементов в обмене веществ сельскохозяйственных животных.
13. Усвояемость Mn, Fe, Zn из кормов у жвачных животных?

### **Рекомендуемая литература**

14. Макарцев В.И., Драганов И.Ф., Калашников В.В. Кормление сельскохозяйственных животных – М.: Колос, 2011.
15. Новое в кормлении животных/ Справочное пособие. Авторский коллектив: Фисинин В.И., Калашников В.В., Драганов И.Ф. и др.// М., Издательство РГАУ-МСХА, 2012.-612 с.
16. Солдатов А.А., Викторов П.И. Краснодар, Система оценки энергетической питательности кормов, рационов и сбалансированного кормления животных, 2002.

## Витаминная питательность кормов

Витамины классифицируются на жирорастворимые (А, D, Е, К) и водорастворимые – витамины группы В: тиамин (В<sub>1</sub>), рибофлавин (В<sub>2</sub>), пантотеновая кислота (В<sub>3</sub>), холин (В<sub>4</sub>), ниацин (другие названия этого витамина: никотиновая кислота, витамин В<sub>5</sub> или витамин РР), пиридоксин (В<sub>6</sub>), биотин (В<sub>7</sub> или витамин Н), инозит (В<sub>8</sub>), фолацин (фолиевая кислота, В<sub>9</sub>, В<sub>с</sub>), цианокобаламин (В<sub>12</sub>), аскорбиновая кислота (витамин С). Все витамины являются коэнзимами, поэтому играют большую роль в обмене веществ. В кормах они присутствуют в виде предшественников коэнзимов, которые чаще всего связаны в комплексе с другими веществами. В связи с этим процесс переваривания необходим для их освобождения или превращения предшественников в доступные и используемые формы витаминов.

### Жирорастворимые витамины.

**Витамин А (ретинол).** Необходим для нормального зрения и репродукции, роста, сохранения эпителиальных и слизистых оболочек органов животных. В растениях витамин А находится в форме провитамина А (каротина), который активизируется до ретинола в кишечнике и печени. Количество витамина А измеряется в международных единицах (МЕ). Витамин А есть в животных продуктах – мясе, яйце, молоке. Натуральный витамин А и синтетический ретинол являются аналогами. 1 МЕ витамина А=0,3 мкг кристаллического спиртового витамина А, или 0,344 мкг ацетата витамина А или 0,55 мкг пальмитата витамина А.

Крупный рогатый скот, свиньи менее эффективно, чем птицы и крысы превращают каротин в витамин А.

Таблица 53. Эффективность конверсии каротина в витамин А

Виды	Конверсия, %	МЕ вита.А, эквивалентное 1 мг β-каротина
Крыса	100	1667
Цыпленок	100	1667
Поросенок	30	500
Корова	24	400
Овца	30	500
Лошадь	33	555
Человек	33	555
Собака	67	1111

Доказано, что β-каротин положительно действует на репродукцию маток, независимо от наличия витамина А. Внутримышечная инъекция β-каротина повышает выживаемость эмбрионов в результате секреции в матке специфических белков. В то же время в других исследованиях добавление каротина в рацион не выявило подобного эффекта.

Животные способны запасать витамин А в печени, который используется в периоды недостатка его в корме.

Симптомы дефицита витамина А: снижение роста, нарушение движений, паралич зада, слепота (болезнь «куриная слепота»), повышенное давление cerebroспинальной жидкости, снижение витамина А в плазме крови и печени. Огрубление волосяного покрова, свехраздражимость, высокая чувствительность к прикосновению, кровоточащие трещины, которые образуются на коже живота, кровь в моче и фекалиях, неустойчивость ног, проявляющаяся в невозможности подняться, периодические конвульсии.

**Витамин D.** Существуют две основные формы витамина D – эргокальциферол (D<sub>2</sub>) и холикальциферол (D<sub>3</sub>). Фитохимическое действие (дневного солнечного света) превращает 7-дигидрохолестерол в коже животных в холикальциферол (D<sub>3</sub>). Одна МЕ витамина D определяется как активность 0,025 мкг холикальциферола. Витамин D<sub>2</sub> и D<sub>3</sub> в почках гидроксилируются до 25-гидрокси форм, далее 25-гидроокси D<sub>3</sub> окисляется до 1,25-дигидроокиси D<sub>3</sub>, последний обладает гормональным действием. Витамин D и его карбоксильные метаболиты действуют на слизистую тонкого кишечника, вызывая образование Са-связанных белков, которые способствуют всасыванию Са и Mg, влияют на всасывание фосфора. Кроме того гидроокись D<sub>3</sub> вместе с гормонами паращитовидной железы и кальцитонином обеспечивает гомеостаз кальция и фосфора.

Симптомы дефицита витамина D: нарушение всасывания и обмена кальция и фосфора, недостаточная кальцификация костей, рахит у молодняка, у взрослых животных остеомаляция (уменьшение минеральных веществ в костях). При остром недостатке проявляются симптомы дефицита кальция и магния, включая тетанию гладких и скелетных мышц.

**Витамин E.** Функция витамина E состоит в защите клеточной мембраны от окисления. Имеется 8 естественно встречающихся форм витамина E: α, β, γ и δ –токоферолы; α, β, γ и δ –токотриенолы. Из них D- α-токоферол имеет самую высокую биологическую активность. Одна международная единица витамина E – это активность 1 мг DL-α-токоферила ацетата.

Натуральный витамин E в кормах быстро разрушается под действием тепла, влаги, окисленных жиров. Поэтому точно предсказать количество активного витамина E в кормах трудно.

Симптомы дефицита: дегенерация скелетных и сердечных мышц, тромботические повреждения сосудов, паракератоз слизистой желудка, анемия, некроз печени, ее обесцвечивание, желтая жировая ткань, неожиданная смерть; у самок комплекс маститно-метритной болезни отсутствие молока. Плацентарный транспорт токоферола от матери к

плоду незначительный, поэтому потомство может рассчитывать только на поступление его с молозивом и молоком.

**Витамин К.** Витамин К необходим для синтеза белка плазмы крови протромбина и других белков, являющихся важным звеном в свертывании крови. Эти белки синтезируются в печени как неактивные предшественники. Действие витамина К заключается в активации неактивного белка плазмы протомбина в активный тромбин, который в свою очередь превращает белок плазмы фибриноген в фибрин. Другие К-зависимые белки, как полагают, включены в обмен Са.

Витамин К существует в трех формах: К<sub>1</sub> – в растениях, К<sub>2</sub> – образуется в результате микробной ферментации и К<sub>3</sub> (менадион), который является синтетическим продуктом.

Симптомы дефицита: увеличивается время свертывания крови, гемморагия внутренностей и гибель.

Витамин К синтезируется кишечной микрофлорой, например, у жвачных в достаточном количестве для удовлетворения потребности в этом витамине. При высоких уровнях в корме антибиотиков синтез снижается. Присутствие антисвертывающего вещества в кормовых продуктах (кумарин) вызывает повышение потребности витамина К

### **Водорастворимые витамины**

Считается, что водорастворимые витамины в достаточном количестве синтезируются в преджелудках жвачных животных.

**Биотин (В<sub>7</sub>, Н).** Играет важную роль в качестве кофактора нескольких ферментов, участвующих в глюконеогенезе, синтезе жирных кислот. Концентрация биотина и активность фермента пируваткарбоксилазы в плазме крови являются надежными методами оценки обеспеченности свиней биотином. D-изомер – биологически активная форма биотина. Значительная часть потребности в биотине покрывается за счет бактериального синтеза в желудочно-кишечном тракте.

На свиноматках и коровах было выявлено, что от добавки биотина улучшается крепость копыт, крепость и состояние кожи, волосяного покрова, снижались трещины копыт и болезни ступней.

Симптомы дефицита биотина: потеря волос, язвы и дерматиты кожи, отечность вокруг глаз, воспаление слизистых оболочек рта, проникающие трещины копыт, трещины и кровотечение подошвы ног. Белок сырого яйца авидин образует с биотином комплекс, делая биотин недоступным для поросят.

**Холин (В<sub>4</sub>).** Холин необходим для синтеза фосфолипидов, т.е. лицитина, образования ацетилхолина и трансметилирования гомоцистеина в метионин. Продуктом окисления холина является бетаин, который может заменять холин в процессах метилирования. При остром дефици-

те холина снижается его действие в метилировании. Метионин может превращаться в холин.

Симптомы дефицита холина: снижение роста молодняка, грубость волосяного покрова, снижение концентрации эритроцитов в крови, гемоглобина и гематокрита, повышение в крови щелочной фосфатазы, шатающаяся походка. При остром дефиците – закупорка почечных канальцев в результате массивной жировой инфильтрации.

Никаких симптомов токсичности холина не выявлено. При уровне 2000 мг/кг рациона наблюдалось снижение привесов у растущих и откармливаемых виней. При уровне 10000 мг/кг подавлялся рост у 10 кг поросят.

**Фолиевая кислота.** Дефицит фолиевой кислоты вызывает нарушение в обмене одноуглеродных веществ, включая метильные группы серина, пурина и тимина, участвует в реакциях превращения серина в глицин и гомоцистеина в метионин. Основная часть фолиевой кислоты всасывается кишечной стенкой, где восстанавливается до тетра- гидрофолиевой кислоты и затем метилируется до метил-фолиевой кислоты. В листьях растений много фолиевой кислоты (лат. folium – листья).

Симптомы дефицита фолиевой кислоты: неудовлетворительный рост, блеклый цвет волос, анемия, лейкопения, тромбопения, пониженный гематокрит, гиперплазия костного мозга.

**Ниацин (никотиновая кислота).** Является компонентом коэнзимов, необходим для обмена углеводов, белков и жиров. Избыточный триптофан превращается в ниацин. Из 50 мг триптофана образуется 1 мг ниацина.

Биодоступность ниацина из желтой кукурузы, овса, пшеницы и сорго практически нулевая, так как в этих продуктах ниацин находится в связанной форме. В соевых кормах ниацин высокодоступен. Активность ниацина в коммерческом препарате никотинамиде (ниацинамиде) составляет 120 % относительно никотиновой кислоты.

Симптомы дефицита снижение роста, анорексия, рвота, сухая кожа, дерматиты, грубый волосяной покров, потеря волос, изъязвление слизистой желудочно-кишечного тракта, воспаление и некроз слепой и ободочной кишок.

**Пантотеновая кислота.** Этот витамин состоит из пантотеновой кислоты, присоединенной к β-аланину через амидную связь. В качестве компонента коэнзима А пантотеновая кислота участвует в обмене углеводов и жира. Биодоступность его в ячмене, пшенице, сорго – низкая, но высокая в желтой кукурузе и соевых кормах. Только D-изомер пантотеновой кислоты биологически доступен. Как правило, в корма свиней добавляют синтетическую пантотеновую кислоту, в виде D-кальций пантотената. Это – соль, более стабильная, чем пантотеновая кислота,

содержит 92 % активной пантотеновой кислоты, DL-Са-пантотенат-СаСl<sub>2</sub> содержит 32 % активности.

Симптомы дефицита: плохой рост, диарея, сухая кожа, грубый волосяной покров, пониженная иммунная реакция, ненормальное движение задних ног, называемое гусиным шагом. Анализ посмертного вскрытия поросят с пантотеновым дефицитом показал наличие отечности и некроз слизистой кишечника, повышенную инвазию соединительных тканей, потерю миелиновых оболочек нервов, дегенерацию дорсальных корешков клеток нервных ганглиев.

**Рибофлавин.** Является компонентом двух коэнзимов – флавина мононуклеотида (ФМН) и флавина аденина динуклеотида (ФАД). Рибофлавин играет важную роль в обмене белков, жиров и углеводов. В кормах рибофлавин находится в составе ФАД.

Симптомы дефицита: потеря репродуктивных функций у свинок, у кур, у молодняка – снижение роста, катаракта, трудная походка, себоррея, рвота и облысение. При остром дефиците наблюдается повышенное количество в крови гранулярных нейтрофилов, пониженная иммунная реакция, бледная печень и почки, ожирение печени, погибшие фолликулы у свиноматок, дегенерация яйцеклеток, дегенерация миелина седалищного и плечевого нервов.

Тиамин необходим в процессах обмена углеводов и белков. Коэнзим тиамин фосфатаза необходим для декарбоксилирования  $\alpha$ -кетокислот. Тиамин очень неустойчив к теплу. Поэтому избыточная температура или автоклавирование кормов резко снижает содержание тиамин.

У тиаминдефицитных поросят снижался рост, температура тела, сердечный импульс, отмечено периодическая рвота, гипертрофия сердца, слабое сердце, дегенерация сердечной мышцы и внезапная смерть из-за остановки сердца, в плазме крови повышенная концентрация пировиноградной кислоты.

Зерно большинства злаковых культур богато тиамином. Поэтому свиньям и птицам на зерново-жмыховых (шротовых) тиамин добавлять не обязательно.

**Пиридоксин (Витамин В<sub>6</sub>).** Витамин В<sub>6</sub> содержится в кормах в виде пиридоксина, пиридоксаля, пиридоксамина и пиридоксаль фосфата. Последний является кофактором многих аминокислотных ферментативных систем, включая трансминазы, декарбоксилазы, дегидратазы, синтетазы и рацемазы. Витамин В<sub>6</sub> играет главную роль в функциях центральной нервной системы. Он включен в декарбоксилирование производных аминокислот – нейротрансмиттеров и нейроингибиторов. Биологическая доступность витамина В<sub>6</sub> из кормов недостаточно изучена.

Симптомы дефицита: ухудшение аппетита и роста, экссудативные образования вокруг глаз, конвульсии, одышка, кома и смерть, в крови снижается количество гемоглобина, эритроцитов и лимфоцитов, содержание железа в сыворотке и гамма-глобулина повышается; дегенерация периферического миелина и сенсорных нейронов, гипохромная анемия, жировая инфильтрация печени. Триптофан-насыщающий тест, при котором конверсия триптофана в ниацин ухудшается может определять статус витамина В<sub>6</sub>, по увеличению концентрации ксантуриновой и кинуриновой кислот в моче.

**Витамин В<sub>12</sub>** или **цианкобаламин** содержит своей молекуле в микроэлемент кобальт. Витамин В<sub>12</sub> как коэнзим включен в синтез тимина, который превращается в тимидин и используется для синтеза ДНК. У жвачных витамин В<sub>12</sub> синтезируется рубцовой микрофлорой.

Синтез витамина В<sub>12</sub> микроорганизмами в кишечном тракте, а так же свойственная свиньям капрофагия, может обеспечить потребность свиней в витамине В<sub>12</sub>. Растительные корма не содержат витамин В<sub>12</sub>, но животные и ферментированные корма его содержат. Коммерческие препараты В<sub>12</sub>—это продукты микробного синтеза. Рецепторные участки для связывания В<sub>12</sub> находятся в подвздошной кишке. Перед всасыванием кобаламин присоединяется к «внутреннему фактору», который выделяется из пристеночных клеток слизистой желудка. Избыток витамина В<sub>12</sub> эффективно запасается в печени и постепенно используется при дефиците его в рационе.

Симптомы дефицита: ухудшение аппетита и снижение роста, огрубление кожного и волосяного покрова, раздражительность, отсутствие координации задних ног, анемия, высокое содержание нейтрофилов. Признаки дефицита фолиевой кислоты сопоставляются с таковыми В<sub>12</sub>, поскольку В<sub>12</sub> необходим для обмена фолиевой кислоты.

**Витамин С** (аскорбиновая кислота). Является водорастворимым антиоксидантом, он участвует в оксидации ароматических аминокислот, синтезе норэпинефрина и карнитина, и в восстановлении клеточного ферритивного железа для транспорта в жидкостях тела. Аскорбиновая кислота необходима так же для гидроксирования пролина и лизина, которые являются составными веществами коллагена. Витамин С повышает образование как костной матрицы, так дентина зубов. При дефиците витамина С кровоизлияния происходят по всему телу. Витамин С является незаменимым для приматов и морских свинок. Домашние животные могут его синтезировать из глюкозы. Считают, что остеохондроз может быть связан с недостаточным образованием коллагена из-за пониженной гидроксирования лизина в гидроксилизин. Однако добавка витамина С была неэффективной в предотвращении этого нарушения.

Отмечена быстрая остановка кровотечения пуповины у новорожденных поросят, когда 1 г витамина С в день скармливали супоросным



маткам, начиная с 5 дня перед ожидаемыми родами. Поросята от маток, которым добавляли витамин С, росли лучше к 3 недельному возрасту, чем контрольные.

от вышеперечисленных факторов и вводить витамины в премиксы без излишка.

### **Витаминные премиксы**

Сейчас животноводы не очень надеются на корма, как источники витаминов, особенно таких как А, D, Е, В<sub>12</sub>, никотиновой и пантотеновой кислот и, как правило, добавляют их в рационы в составе премиксов. При этом добавки этих витаминов в разы превышают установленную минимальную потребность. Трудно сказать, насколько это оправдано. С учетом потерь витаминов в процессе производства, транспортировки и хранения премиксов, а так же при прохождении витаминов через преджелудки жвачных, по-видимому, это имеет определенный смысл. Тем не менее, необходимо определить размеры этих потерь в зависимости от вышеперечисленных факторов и вводить витамины в премиксы без излишка. Некоторые данные фирмы БАСФ по сохранности витаминов представлены в таблице 54. Разные витамины неодинаково реагируют на хранение с минеральными веществами и холинхлоридом. Потери вит. В<sub>1</sub>, вит. К, вит. С, при хранении с холинхлоридом оказались самыми высокими 35-69%.

Эфирные препараты витамина А более стабильны в премиксах и кормах, чем чистый витамин. Влага отрицательно действует на стабильность витамина А, повышая его окисление кислородом. Присутствие холин-хлорида, который очень гигроскопичен, повышает разрушение витамина А. Существующие коммерческие препараты витамина А содержат антиоксиданты и, как правило, покрыты защитной оболочкой.

Активность витамина К снижается на 80%, если он находится в составе витаминно-микроэлементного комплекса в течение 3 месяцев. Избыток в рационе Са может повышать потребность в витамине К. Запасы витамина К в печени быстро исчезают при его дефиците в кормах.

Пантотеновая кислота термолабильна. Особенно неустойчива она при нагревании в растворах кислот или щелочей. В нейтральных растворах пантотеновая кислота относительно стабильна. Еще более устойчивы ее соли.

Натуральный витамин Е в кормах быстро разрушается под действием тепла, влаги, окисленных жиров. Поэтому точно предсказать количество активного витамина Е в кормах достаточно трудно. При хранении люцерновых кормов витамин Е теряется на 50-70 %, при температуре 32°C в течение нескольких недель и от 5 до 30% его теряется в

процессе обезвоживания. Обработка кормов кислотами снижает содержание витамина Е.

Таблица 54. Потери витаминов в бройлерных кормах при хранении в разных условиях, %.

Витамин	Форма	Тип пре-микса	Идеальные условия		При хранении в пре-миксах		При хранении преми-ксов в составе кормов	
			Мешанка	Гранулы	Мешанка	Гранулы	Мешанка	Гранулы
А	Драже А/Д3	В1	3	8	4	9	11	16
		ВМ2	4	9	8	13	15	19
		ВМХ3	5	10	12	17	19	23
D3	Драже А/Д3	В	2	8	3	9	11	17
		ВМ	2	9	5	11	13	18
		ВМХ	3	9	9	15	17	22
Е	Ацетат	В	1	7	1	7	4	10
		ВМ	1	7	4	10	7	13
		ВМХ	1	7	7	13	10	16
К	КМНБ4	В	7	35	8	36	26	49
		ВМ	12	39	22	46	37	56
		ВМХ	12	39	33	53	46	62
В1	Тиамин НС1	В	3	17	4	18	15	27
		ВМ	8	21	24	35	33	42
		ВМХ	8	39	30	40	38	47
В2	Рибофлавин	В	1	10	1	10	7	16
		ВМ	1	10	5	14	11	19
		ВМХ	3	12	8	17	14	22
В6	Пиридоксин	В	3	13	3	13	9	19
		ВМ	4	14	8	18	14	23
		ВМХ	6	16	13	22	19	27
Пантоте-новая кис-лота	Пантотенат кальция	В	1	10	1	10	6	15
		ВМ	1	10	1	10	6	15
		ВМХ	2	11	13	21	18	25
Биотин		В	3	13	3	13	10	20
		ВМ	4	14	7	17	14	23
		ВМХ	6	16	13	22	20	28
Фолиевая кислота		В	1	11	1	11	3	13
		ВМ	2	12	6	16	8	16
		ВМХ	3	13	16	25	18	26
Ниаацин	Никотиновая кислота	В	4	13	4	13	12	20
		ВМ	6	15	10	18	18	25
		ВМХ	6	15	13	21	20	28
Витамин С	Аскорбино-вая кислота	В	11	56	14	57	39	70
		ВМ	16	58	37	69	55	78
		ВМХ	16	58	37	69	55	78
Витамин С	Защищен-ный	В	5	27	1	29	25	42
		ВМ	8	30	18	37	34	49
		ВМХ	8	30	27	44	41	55
Холин	Холин хло-рида	В	-	-	-	-	-	-
		ВМ	-	-	-	-	-	-
		ВМХ	-	-	-	-	1	4
Условия хранения: Хранение витаминов Хранение премиксов; 15°C, ОВ - 60%			0		0		0	
Хранение кормов; 20 °С, ОВ – 60%			14		56		56	
			7		7		28	

В<sup>1</sup> – витамины; ВМ<sup>2</sup> – витамины+минеральные вещества; ВМХ<sup>3</sup> – витамины+минеральные вещества + холин-хлорид; КМНБ<sup>4</sup> – комплексный препарат менадиона натрия бисульфата.

Тиамин очень неустойчив к теплу. Поэтому избыточная температура или автоклавирование кормов резко снижает его содержание.

Таблица 55. Примерный состав витаминных премиксов, на кг СВ рациона

Витамины	Ед. изм.	Поросята 21-60 дн.	свиноматки		Коровы		Телята 0-3 мес.	Цыплята яичные	Цыплята бройлеры старт	куры несшк и
			супр.	лактлирующие	21-0 дн.	0-21 дн.				
А	МЕ	12 000	11 000	7 000	15 000	10 000	11 000	9 000	15 000	7 000
D3	МЕ	1 200	1 700	1 000	3 500	2 500	8 000	3 000	5 000	3 000
Е	мг	40	35	30	60	25	30	10	75	6
К	мг	3	4	3			7	0,5	4	0,5
В1	мг	1			10	5	4	1	3	1
В2	мг	8	8	5,5			10	3,5	8	4
В3	мг	20	28	20			35	10	20	8
В4	мг	300	200	180				300	1 800	230
В5	мг	30	40	30	200	100	30	25	60	20
В6	мг	2	1				10	2,5	5	2,5
В7	мг	0,08	0,1	0,1	0,5	0,25	0,1	0,75	0,2	-
В9	мг	1	1,5	1			1	0,2	2	0,1
В12	мкг	30	30	20			80	10	16	8
С	мг	200					100			

### Проверочные вопросы.

1. Назовите жирорастворимые и водорастворимые витамины.
2. Почему для взрослых жвачных животных балансирование по водорастворимым витаминам не столь обязательно, как для свиней и птиц?
3. Признаки дефицита витамина А у сельскохозяйственных животных.
4. Роль витаминов группы В в обмене веществ.
5. Что такое премикс? По каким элементам отличаются премиксы для взрослого крупного рогатого скота от премиксов для свиней и птиц? В каком количестве (%) вводят премикс в комбикорма для птиц и свиней?
6. Доступность витаминов В<sub>3</sub> и В<sub>5</sub> из зерна зерновых культур.
7. Каротин как источник витамина А. Значение каротина в поддержании воспроизводительных функций у животных.
8. Признаки дефицита витамина Д у сельскохозяйственных животных.
9. По каким витаминам необходимо контролировать рационы свиней и птиц.
10. Роль витамина В<sub>12</sub> в организме животных, источники В<sub>12</sub> для жвачных и нежвачных сельскохозяйственных животных.

### Рекомендуемая литература

1. Макарец В.И., Драганов И.Ф., Калашников В.В. Кормление сельскохозяйственных животных – М.: Колос, 2011.
2. Новое в кормлении животных/ Справочное пособие. Авторский коллектив: Фисинин В.И., Калашников В.В., Драганов И.Ф. и др.// М., Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 612 с.

3. Солдатов А.А., Викторов П.И. Краснодар, Система оценки энергетической питательности кормов, рационов и сбалансированного кормления животных, 2002.

## Раздел II. Нормы питания и рационы для сельскохозяйственных животных

Переход на энергетическую оценку питательности кормов и нормирование потребности по обменной энергии вместо овсяных кормовых единиц, а также детализация норм по незаменимым аминокислотам, макро- и микроэлементам, витаминам стало прогрессивным этапом в совершенствовании кормления сельскохозяйственных животных нашей страны. Этот шаг был обоснован на пленуме отделения животноводства ВАСХНИЛ (26-28 марта 1963 г.) в результате дискуссии по «вопросам теории и практики кормления сельскохозяйственных животных». Во исполнение постановления пленума в 1985 году вышло новое справочное пособие «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» под редакцией группы известных в стране ученых во главе с академиком А.П. Калашниковым. В 1995 году вышло 2-ое, а в 2003 году – 3-е дополненное и переработанное издание, в написании которых участвовали многие ученые страны.

До 1958 года при нормировании кормления животных в СССР пользовались справочником «Кормовые нормы и кормовые таблицы» академика И.С. Попова. По этим нормам расчет потребности коров, свиноматок, лошадей был построен по факториальному принципу: суточная норма энергии, белка, кальция и фосфора рассчитывались путем суммирования потребностей в них на поддержание (основной обмен), продукцию молока, беременность, на изменение живой массы в период лактации. Факториальный принцип нормирования был разработан на базе классических исследований по обмену энергии выдающихся ученых конца 19-го, начала 20-го столетия М. Рубнера, 1883; Г. Армсби, 1898; О. Кельнера, 1904-1908; В.В. Пашутина, 1886; Багданова Е.А., 1926, М.И. Дьякова, 1917; И.С. Попова, 1915-1963; К. Неринга, 1930 и других. Справочник И.С. Попова с 1923 по 1958 гг. переиздавался 14 раз, был основным пособием, по которому работало животноводство СССР.

В 1959 году вместо справочника И.С. Попова вышел новый справочник «Кормовые нормы и таблицы» под редакцией члена-корреспондента ВАСХНИЛ М.Ф. Томмэ, в котором суточную норму в кормовых единицах, переваримом протеине и т.д. стали выражать «суммарно, т.е. без разделения на поддержание жизни животных, на продукцию и репродукцию». Эти нормы получили название «единые». В пособиях 1985-2003 гг нормы построены также по принципу единых.

Отказ от факториальных и переход к единым нормам произошел в результате критики буржуазной биологической науки на 35-ом пленуме секции животноводства ВАСХНИЛ в 1951 году. Дискуссия на этом

пленуме происходила в свете указаний из постановления августовской 1948 года сессии ВАСХНИЛ «О положении в биологической науке». На этой сессии резкой критике подверглись ученые-представители классической генетики и других биологических наук, в том числе физиологии питания и кормления сельскохозяйственных животных.

Основная критика заключалась в том, что в факториальный метод заложено не физиологическое, а механистическое понимание отдельных процессов, как обособленных, не связанных с другими. Якобы этот метод не учитывает регулирующую роль ЦНС в организме, его единства с окружающей средой. Нефизиологичность факториального метода постоянно подчеркивалась в нашей научной литературе. Более того он был вычеркнут из учебных программ курса «кормление сельскохозяйственных животных» на зоотехнических факультетах техникумов и ВУЗов, что, конечно, не способствовало развитию понятий о кормлении животных у будущих специалистов.

Между тем факториальный метод расчета потребности в энергии и протеине на протяжении всех последних лет проверялся, дополнялся, совершенствовался и небезуспешно применяется в США, Англии и большинстве стран западной Европы с высокоразвитым животноводством.

Рекомендации ФАО и Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по потребности в энергии, белке, аминокислотах людей всех половозрастных групп, беременных и кормящих матерей так же построены по факториальному принципу. В основу нормативов положена величина основного обмена (ВОО), что тоже, что в животноводстве - затраты на поддержание. Затраты на активность, специфику профессиональной деятельности, беременность и т.д. добавляются к ВОО для установления общей потребности.

В нашей стране также продолжались разработки норм потребности факториальным методом для коров и молодняка крупного рогатого скота (Григорьев Н.Г. и др.; Б.Д. Кальницкий и Е.Л. Харитонов, 2005-2012; Цюпко В.В., 1986), для свиней (Богданов Г.А., 1990; Ноздрин Н.Т., 1985). Нами в СКНИЖе вместе с М.О. Омаровым этим методом разработаны нормы незаменимых аминокислот для поросят (Рядчиков В.Г., 1998).

К сожалению, эти разработки не были использованы при составлении справочника «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных», надо думать, как противоречащие принципу единых норм.

Однако соединение показателей, полученных в разное время, на разных породах и на разных рационах, в разных условиях трудно привести в надежную систему, так как самой идеей единых норм подразумевается единство всех процессов, происходящих в организме при взаи-

модействии всех факторов питания во времени и окружающей среде. Трудно, например, представить, как технически можно определить в комплексе, в едином эксперименте оптимальные нормы не по 29, а хотя бы по 4-м элементам питания: концентрации энергии, уровню белка, кальция, фосфора. В опыте со схемой – контроль  $\pm 10\%$  по каждому показателю, для коров одной породы, одной живой массы потребовалось бы иметь 81 группу, коров-аналогов, что технически невозможно.

Разработка единых норм связана с проведением длительных кормленческих опытов для получения усредненных данных, которые не могут отражать возможную другую реальную действительность, кроме той, в которой они получены. Другими словами, система единых норм не может быть применена в любых возможных обстоятельствах, кроме тех, в которых они получены.

Факториальный метод не является во всех отношениях идеальным. Однако в отличие от принципа единых норм, он основан на знании затрат на определенные физиологические функции организма животного, их изменения под воздействием многих факторов, что делает его универсальным при расчете потребности в любых условиях.

Кроме того он формирует у специалистов более глубокие понятия о построении норм потребности животных в питательных веществах, позволяет творчески решать вопросы кормления животных в практических условиях.

### **Качество корма и потребление сухого вещества**

Продуктивность животных находится в прямой зависимости от количества и качества потребляемого корма, а точнее количества и качества его сухого вещества. Сухое вещество кормов представлено белком, углеводами, жирами и минеральными веществами и, именно, оно является источником субстратов, из которых образуется молоко, мясо, яйца, шерсть, новорожденные и т.д.

Работники животноводческих ферм, и птицефабрик больше всего беспокоятся о том, как поедается корм. Хорошо едят - будет продукция, плохо едят – нет ожидаемой продукции. Наука и практика располагает методами прогнозирования потребления сухого вещества, однако эти методы нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

Пищевое поведение животных, под которым подразумевается аппетит, контролируется ЦНС на преабсорбционном и постабсорбционном уровне. Преабсорбционное регулирование потребления корма обусловлено объемом желудочно-кишечного тракта и особенностью пищеварения у разных видов животных. Установлено, что жвачные животные в среднем могут потребить от 2,5 до 3,5 кг сухого вещества в расчете на 100 кг живой массы. Коровы с рекордной продуктивностью 10-12 тыс. кг молока за лактацию – до 4 кг. Потребление сухого веще-

ства молодыми свиньями составляет 3,5-5,5 %, свиноматками 3-4,2 %, бройлерами 6-8% от живой массы.

Аппетит на постабсорбционном уровне определяется концентрацией в плазме крови, во внеклеточной жидкости и цитоплазме питательных веществ (глюкозы, аминокислот, жирных кислот), освобожденных в результате переваривания и всасывания. Установлено, что их концентрация в жидкостях организма является фактором гомеостаза. Сдвиг гомеостатического уровня каждого элемента или соотношения между ними в результате несбалансированного кормления вызывает снижение аппетита. Доказано, что снижение глюкозы в крови ниже гомеостатического уровня вызывает чувство голода. Особенно интересными оказались факты существенного влияния на аппетит концентрации свободных аминокислот. Так, недостаток или существенный дисбаланс аминокислот в плазме крови, вызванный несбалансированностью корма, сопровождается резким снижением аппетита у свиней, бройлеров, кур (Рядчиков В.Г., Тарабрин И.В. и др., 2005). По-видимому, такая закономерность характерна для всех видов животных, в том числе жвачных. Вкус корма влияет на его потребление, но не является долговременным определяющим фактором аппетита.

Пищевое поведение регулируется нервными центрами головного мозга – гипоталамусом, передней частью коры грушевидной доли. Именно здесь происходит рецептивный анализ концентрации метаболитов в крови и организуется пищевое поведение животных. Плохой аппетит, отказ от корма – это физиологически обоснованная защитная реакция животных от потребления несбалансированного по аминокислотам и другим элементам питания рациона, поедание которого может привести к серьезным нарушениям жизненно важных функций организма.

Рацион, обеспечивающий гомеостаз животных на физиологически обусловленном уровне, поедается с аппетитом и обеспечивает высокую продуктивность. От того, в каких концентрациях и соотношениях содержатся питательные вещества в корме, а точнее в его сухом веществе, зависит аппетит, поступление продуктов переваривания в организм и продуктивность животных.

### **Факториальный метод расчета потребности коров в сухом веществе, обменной энергии и сыром белке**

Потребность коров в сухом веществе (СВ), обменной энергии (ОЭ) и сыром белке (СБ) рассчитывается путем суммирования потребностей на следующие жизненно важные процессы:

**а)** на основной обмен (поддержание), которое включает затраты организма на поддержание постоянства температуры тела, работу внутренних органов и мышц, обмен веществ с учетом живой массы, температуры окружающей среды;



б) затраты на продукцию молока в зависимости от его количества и качества (содержания жира, белка, лактозы);

в) на рост и развитие теленка в период беременности;

г) учет поступления энергии за счет мобилизации жира и белка из тела в начале лактации и затрат энергии на восстановление живой массы коров во второй трети лактации.

**Потребность в сухом веществе.** При разработке рационов для коров потребность в сухом веществе (ПСВ) рассчитывают по формуле NRC-2001:

$$\text{ПСВ, кг/день} = (0,372 \times 4\% \text{М} + 0,0968 \times \text{ЖМ}^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (\text{НЛ} + 3,67))}),$$

где

ПСВ - потребление сухого вещества, кг/день;

М - молоко, скорректированное на 4% жирность, кг/день;

$\text{ЖМ}^{0,75}$  - живая масса, возведенная в степень 0.75 (метаболическая масса);

e - основание натурального логарифма, равное 2,718;

НЛ - недели лактации после отела

Расчет по этой формуле обеспечивает достаточно точное определение потребности в зависимости от стадии лактации.

**Пример №1. Корова живой массой 600 кг на 3-ей неделе лактации после отела, суточный надой 30 кг, жирность молока 3,6%.**

1. Перевод 3,6% молока в 4-ое%:  $4\% \text{М} = (3,6 \times 30) / 4 = 27$  кг

2. Метаболическая живая масса:  $600^{0,75} = 600 \times 0,75 = 121,2$  кг, где  $y^x$  - символ возведения в степень на инженерном калькуляторе.

3. Потребность в СВ на продукцию молока и поддержание:

$$\text{ПСВ}_{\text{пр}} + \text{пд} = (0,372 \times 27 + 0,0968 \times 121,2) = 21,776 \approx 21,8 \text{ кг/день}$$

4. Расчет поправки ПСВ в зависимости от недели лактации относительно отела делают по 2-ой части формулы:  $(1 - 2,718^{(-0,192 \times (3 + 3,67))})$ :

а)  $3 + 3,67 = 6,67$

б)  $-0,192 \times 6,67 = -1,2806$

в)  $2,718^{-1,286} = \frac{1}{2,718^{1,2806}} = \frac{1}{3,598} = 0,278$

г)  $1 - 0,278 = 0,722$

д)  $\text{ПСВ} = 21,8 \times 0,722 = 15,74 \approx 15,7$  кг/день

Следовательно, корова на 3 неделе после отела может потребить не более 15,7 кг СВ.

**Пример №2. Корова живой массой 600 кг на 12 неделе лактации, суточный надой молока 30 кг, жирность молока 3,6%.**

1. Перевод 3,6% молока в 4%-ое:  $4\% \text{М} = (3,6 \times 30) / 4 = 27$  кг

2. Расчет метаболической живой массы:  $\text{ЖМ}^{0,75} = 600 \times 0,75 = 121,2$

кг

3. Потребность в СВ на продукцию молока и поддержание:  
 $ПСВ_{пр+нд} = 0,372 \times 27 + 0,0968 \times 121,2 = 21,776 \approx 21,8$  кг

4. Расчет поправки ПСВ в зависимости от недели лактации относительно отела по 2-ой части формулы:  $(1 - 2,718^{(-0,192 \times (12 + 3,67))})$ :

а)  $12 + 3,67 = 15,67$

б)  $-0,192 \times 15,67 = -3,0$

в)  $2,718^{-3} = \frac{1}{2,718^3} = \frac{1}{20} = 0,05$

г)  $1 - 0,05 = 0,95$

5.  $ПСВ = 21,776 \times 0,95 = 20,7$  кг/день

Таким образом, корова живой массой 600 кг, при надое 30 кг молока жирностью 3,6% на 3 неделе лактации может потребить 15,74 кг СВ, корова с теми же показателями живой массы и продуктивности на 12 неделе лактации - 20,7 кг. Значит, поправка на послеродовое время лактации имеет важное значение.

### Расчет потребности лактирующих коров в энергии

Потребность в ОЭ представляет сумму потребностей:

$$\text{ОЭ, МДж/день} = \text{ОЭ}_{нд} + \text{ОЭ}_{л} + \text{ОЭ}_{ст} + \text{ОЭ}_{\text{потерь-прироста жм}}$$

#### Потребность на поддержание:

В исследованиях было установлено, что потребность на поддержание составляет 0,540 МДж/кг<sup>0,75</sup>. У коровы живая масса – 600 кг, метаболическая масса составляет 121,2 кг. Потребность в ОЭ на поддержание:

$$\text{ОЭ}_{нд} = \text{ЖМ}^{0,75} \times 0,540 = 121,2 \times 0,540 = 65,4 \text{ МДж}$$

#### Потребность на лактацию

Потребность в ОЭ на лактацию (продукцию молока) определяют, исходя из энергетической ценности составных компонентов молока, суточного надоя и эффективности использования ОЭ корма на синтез молока.

Энергетическая ценность компонентов молока:

1г жира = 38,9 кДж (0,0389 МДж) чистой энергии

1г белка = 22,9 кДж (0,0229 МДж) чистой энергии

1г лактозы = 16,5 кДж (0,0165 МДж) чистой энергии

Чистую энергию 1 кг молока в МДж определяют по уравнению:

$$\text{ЧЭ}_{мл} = (0,389 \times \text{Ж}\%) + (0,229 \times \text{Б}\%) + (0,165 \times \text{Л}\%), \text{ где}$$

ЧЭ<sub>мл</sub> – энергия 1 кг молока, МДж/кг

Ж% – содержание в молоке жира, %

Б% – содержание в молоке белка, %

Л% – содержание в молоке лактозы, %

Если неизвестно содержание лактозы, энергию 1кг молока рассчитывают по уравнению:

$$\text{ЧЭ}_{\text{мл}} = (0,389 \times \text{Ж}\%) + (0,229 \times \text{Б}\%) + 0,80$$

В данном случае принимают стандартное содержание лактозы, равное 4,85% и энергию 1г лактозы 16,5 кДж (0,0165 МДж) -  $(0,165 \times 4,85 = 0,80)$ .

Установлено, что эффективность использования обменной энергии корма на производство молока в чистую энергию составляет 0,62. Следовательно, на образование 1 кг молока требуется обменной энергии:  $\text{ОЭ}_{\text{мл}} = \text{ЧЭ}_{\text{мл}} / 0,62$ , или  $\text{ЧЭ}_{\text{мл}} \times 1,61$ .

Общая потребность в обменной энергии на суточный надой молока (лактацию) рассчитывается:  $\text{ОЭ}_{\text{л}}, \text{МДж} = \text{ЧЭ}_{\text{мл}} \times 1,61 \times \text{М}$ , где М - суточный надой молока, кг.

**Пример 1.** Пример расчета потребности в ОЭ для коровы живой массой 600 кг, на 3-ей неделе лактации после отела, суточный надой молока 30 кг, жирность молока 3,6%, содержание белка в молоке 3,3%. Содержание лактозы не определяли.

$$\text{ЧЭ}_{\text{мл}} = (0,389 \times 3,6) + (0,229 \times 3,3) + 0,80$$

а)  $0,389 \times 3,6 = 1,400$

б)  $0,229 \times 3,3 = 0,756$

в)  $1,400 + 0,756 + 0,800 = 2,956$

$\text{ЧЭ}_{\text{мл}} = 2,956 \text{ МДж}$ , т.е. чистая энергия 1 кг молока равна 2,956 МДж

Потребность в обменной энергии корма на производство 1 кг молока:

$$\text{ОЭ}_{\text{мл}} = 2,956 \times 1,61 = 4,76 \text{ МДж.}$$

Потребность в ОЭ на 30кг молока:

$$\text{ОЭ}_{\text{л}} = 4,76 \times 30 = 142,8 \text{ МДж}$$

Суточная потребность коровы в ОЭ корма на поддержание+продукцию:  $\text{ОЭ}_{\text{пл+пр}} = 65,4 + 142,8 = 208,2 \text{ МДж/день}$

Концентрация энергии в 1кг рациона коровы на 3-ей неделе после отела равняется:

$$208,2 / 15,7 = 13,3 \text{ МДж}$$

Для коровы на 12-ой неделе лактации:

$$208,2 / 20,7 = 10,05 \text{ МДж}$$

### **Потребность в ОЭ с учетом потери живой массы**

В начале лактации трудно создать рацион со столь высокой концентрацией энергии как 13,3 МДж/кг СВ. Недостающую энергию животные будут брать за счет мобилизации питательных веществ из тела. Если, например, в 1кг СВ рациона в начале лактации будет 11 МДж ОЭ, то рацион на уровне потребления 15,7 кг СВ обеспечит 172,7 МДж/день.

Дефицит обменной энергии составит:  $208,2 - 172,7 = 35,5$  МДж/день. Недостающие 35,5 МДж будут компенсированы за счет мобилизации энергии тканей самого животного.

Принято, что энергия 1кг мобилизуемой ткани составляет 25 МДж. Коэффициент использования этой энергии на производство молока составляет 0,82. Следовательно, мобилизация 1кг живой массы обеспечит  $25 \text{ МДж} \times 0,82 = 20,5$  МДж. Чтобы пополнить недостающие 35,5 МДж корова будет терять  $35,5 : 20,5 = 1,75$  кг живой массы за сутки. При таких потерях за 1 мес. она похудеет на 51,9 кг. Чтобы снизить потерю живой массы в первые недели лактации необходимо энергию корма повысить за счет жировых добавок, экструдированной сои.

Установлено, что общее количество жира в рационе не должно превышать 6-7% СВ. Содержание сырого жира (эфирного экстракта) в рационе коров за счет самих кормов находится в пределах 2,5-3% СВ. Следовательно, в рацион коровы можно добавить 3,5-4 % животных или смеси животных + растительных жиров, защищенных от распада в рубце. При более высокой добавке снижается поедаемость корма и процент жира молока. При добавке 4% жира его количество составит:  $(15,7 \times 4) / 100 = 0,628$  кг. Калорийность жира = 35,8 МДж/кг. Эта добавка обеспечит дополнительно 22,5 МДж, общее количество ОЭ в рационе:  $172,7 + 22,5 = 195,2$ . Дефицит энергии сократится до:  $208,2 - 195,2 = 13$  МДж. На компенсацию этого дефицита ежедневно будет теряться:  $13 / 20,8 = 0,625$  кг живой массы, за месяц после отела корова похудеет на:  $0,625 \times 30 = 18,75$  кг. Такая потеря живой массы может быть быстро восстановлена при меньшем риске метаболических заболеваний и снижении продуктивности. Примерный рацион для коров в период 0-21 день см. в приложении 7.

### **Потребность в ОЭ на стельность (рост плода)**

Затраты энергии на рост плода до 190 дня (6 месяцев) беременности незначительны. Поэтому, потребность в энергии на стельность начинают рассчитывать со 190 дня беременности

По рекомендациям NRC, 2001 потребность в ОЭ на стельность (ОЭ<sub>ст</sub>) рассчитывают по уравнению:  $\text{ОЭ}_{\text{ст}} (\text{Мкал}) = (2 \times 0,00159 \times \text{Д}_{\text{ст}} - 0,0352) / 0,14$ , где

$\text{Д}_{\text{ст}}$  – число дней стельности после оплодотворения;

**0,14** – коэффициент использования обменной энергии корма на рост плода (стельность).

Пример расчета потребности в ОЭ на стельность коровы живой массой 600 кг, 240 дней беременности:

$$(2 \times 0,00159 \times 240 - 0,0352) / 0,14 = 5,2 \text{ Мкал}$$

Для перевода Мкал в МДж:

$$5,2 \times 4,184 = 21,76 \approx 21,8 \text{ МДж/день}$$

## Определение потребности лактирующих коров в сыром белке (СБ) факториальным методом

Нормирование потребности коров в белке факториальным методом производится с учетом потребности на поддержание, синтез молочного белка и белка плода.

### Потребность в сыром белке (СБ) на поддержание (СБпд)

Потребность на поддержание складывается из потерь с обменным азотом кала (белок слущивающегося эпителия кишечника, остатки ферментов), эндогенным азотом мочи (азот поддержания) и потерь с эндогенным поверхностным белком (шерсть, перхоть).

Потери белка с обменным белком кала (ОБК) пропорционально зависят от количества потребляемого сухого вещества корма и составляют для крупного рогатого скота 0,01г на 1г потребленного сухого вещества.

$$\text{ОБК} = 0,01 \times \text{СВ}, \text{ г},$$

где СВ - граммов потребленного сухого вещества корма.

Эндогенный белок мочи (ЭБМ) образуется в результате основного обмена (обновления) белка в организме животного, и величина его определяется массой животного:

$$\text{ЭБМ} = 2,75 \times \text{ЖМ}^{0,50}, \text{ г},$$

где ЖМ<sup>0,50</sup> - живая масса животного в степени 0,50

Эндогенный поверхностный белок (ЭПБ) связан с метаболической массой животного и определяется по формуле:

$$\text{ЭПБ} = 0,2 \times \text{ЖМ}^{0,60}, \text{ г},$$

где ЖМ<sup>0,60</sup> - живая масса животного в степени 0,60 (поверхность тела).

Таким образом, потребность в чистом белке на поддержание:

$$\text{ЧБпд} = \text{ОБК} + \text{ЭБМ} + \text{ЭПБ}$$

СБ корма используется на образование чистого белка поддержания с эффективностью 0,34. Следовательно, потребность в СБ на поддержание составляет:

$$\text{СБпд (г/сутки)} = (\text{ОБК} + \text{ЭБМ} + \text{ЭПБ}) / 0,34$$

### Потребность в СБ на производство молока (на лактацию) (СБл)

Потребность молочных коров в чистом белке (ЧБ) на молокообразование (ЧБ<sub>мл</sub>) зависит от его содержания в 1кг молока и суточного надоя:

$$\text{ЧБ}_{\text{мл}} = \text{Б}_{\text{мл}} \times \text{М} \times 0,95,$$

где Б<sub>мл</sub> - содержание сырого белка в молоке, г/кг,

**М** - суточный надой молока, кг,

**0,95** – содержание чистого белка (0,5 – приходится на мочевины).

Сырой белок корма используется на синтез белка молока с эффективностью 0,34. Следовательно, потребность в СБ на производство молока (лактацию) составляет:

$$\text{СБл}=(\text{Бмл}\times\text{М})/0,34.$$

### **Потребность в ЧБ на изменение живой массы**

Изменение живой массы в течение лактации могут быть в виде ее потерь или прироста. При потере 1кг живой массы у коров компенсируется 144г потребности в чистом белке, а на прирост 1кг живой массы требуется 225г чистого белка:

$$\text{ЧБ}_{\text{потерь}}=144\Delta\text{ЖМ}, \text{ г},$$

$$\text{ЧБ}_{\text{прироста}}=225 \Delta\text{ЖМ}, \text{ г},$$

где  $\Delta\text{ЖМ}$  - среднесуточный прирост (или среднесуточная потеря) живой массы в килограммах.

### **Потребность в ЧБ на стельность (ЧБ<sub>ст</sub>)**

Затраты чистого белка на стельность учитывают лишь в последние 90 дней до отела, так как в это время идет наиболее интенсивный рост плода. Потребность в чистом белке на стельность связывают с ожидаемой обменной живой массой теленка ( $\text{ЖМ}_T$ ) при рождении, определяют по уравнению:

$$\text{ЧБ}_{\text{ст}}=5\text{ЖМ}_T^{0,75}, \text{ г},$$

где  $\text{ЖМ}_T^{0,75}$  - живая масса теленка при рождении в килограммах в степени 0,75 (метаболическая масса).

СБ корма используется в чистый белок стельности с эффективностью 0,34. Следовательно, потребность в СБ на стельность составляет:

$$\text{СБ}=5 \text{ЖМ}^{0,75}/0,34.$$

Суммарная потребность в СБ, рассчитанная факториальным методом:

$$\text{СБ}_{\text{потр}}=(\text{ЧБ}_{\text{пл}}+\text{ЧБ}_{\text{л}}+\text{ЧБ}_{\text{пр(или потерь)}}+\text{ЧБ}_{\text{ст}})/0,34;$$

**Пример** расчета суточной потребности в сыром белке факториальным методом для коровы с живой массой 600кг, удоем 30кг, содержанием жира в молоке 3,6%, белка 3,3% на 3-ей неделе лактации, потребление сухого вещества 15,7 кг/день.

**Потребность на поддержание (ЧБ<sub>пл</sub>)** Определяем потребность коровы в чистом белке на поддержание жизни, которая складывается из потерь белка в процессе основного обмена с калом, мочой, отмирающих клеток и волос кожного покрова.

$$\text{ОБК}=0,01\times 15700=157 \text{ г/сутки},$$

где **157000**– потребленное сухое вещество, г (15,7кг);  
- эндогенный белок мочи -  $\text{ЭБМ}=2,75 \times 600^{0,50} = 2,75 \times 24,5=67,4$   
г/сутки;

- эндогенный поверхностный белок -  
 $\text{ЭПБ}=0,2 \times 600^{0,60} = 0,2 \times 46,4=9,3$  г/сутки.

Общая потребность в чистом белке на поддержание жизни равна:

$$\text{ЧБ}_{\text{пд}} = \text{ОБК} + \text{ЭБМ} + \text{ЭПБ} = 157 + 67,4 + 9,3 = 233,7 \approx 234 \text{ г/сутки}$$

Потребность в чистом белке для производства молока за лактацию равна:

$$\text{ЧБ}_{\text{мл}} = 33 \times 30 \times 0,95 = 940,5 \approx 941 \text{ г}$$

Потери живой массы в первые три недели лактации после отела 1,73 кг/сутки (см. пример на стр. 49, 50) при 180 г белка в кг ЖМ и коэффиценте 0,8 дают дополнительно корове 249 г чистого белка ( $180 \times 1,73 \times 0,8 = 249$ ). Суммарная потребность в чистом белке равна:

$$\Sigma \text{ЧБ} = \text{ЧБ}_{\text{пд}} + \text{ЧБ}_{\text{мл}} - \text{ЧБ}_{\text{потерьжм}} = 234 + 941 - 249 = 926 \text{ г/сутки.}$$

При эффективности использования СБ корма на синтез чистого белка, равной 0,34, суточная потребность в СБ =  $926/0,34 = 2723$  г.

Следовательно, на 3 неделе лактации в 1кг СВ должны быть 173 г СВ ( $2723/15,7 = 173$ ) или 17,3%СВ.

### Определение потребности коров в усвояемом кальции факториальным методом

**Поддержание.** Потребность в усвояемом (доступном) ( $\text{Ca}_y$ ) на поддержание составляет 0,031 г/кг живой массы. Общая потребность на поддержание:

$$\text{Ca}_{\text{пд}} = 0,031 \text{ г} \times \text{ж.м.}, \text{ где ж.м. – живая масса коровы, кг}$$

**Лактация.** Потребность на производства молока составляет 1,3г усвояемого Са на кг молока. На суточный удой молока:  $\text{Ca}_y = 1,3 \times \text{M}$ , где **M** – надой молока в кг/сутки.

**Беременность.** Потребность на развитие плода рассчитывают, начиная со 190 дня беременности по уравнению Хауса и Белл (Hose and Bell, 1993).

$$\text{Ca}_y \text{ (г/д)} = 0,02456 e^{(0,05581 - 0,00007)t} - 0,02456 e^{(0,05581 - 0,00007)(t-1)(t-1)},$$

где  $t$  - дней беременности;

$e$  – основание натурального логарифма, равное 2,718.

**Пример расчета потребности в  $\text{Ca}_y$ .** Корова ж.м. 630 кг, суточный надой 16 кг молока, на 200 дней стельности, потребление СВ – 16 кг.

Потребность на поддержание:

$$\text{Ca}_{\text{пд}} = 0,031 \times 630 = 19,53 \text{ г}$$

Потребность на лактацию:

$$\text{Ca}_{\text{л}} = 1,3 \times 16 = 20,8 \text{ г}$$

Потребность на стельность:  

$$Ca_{ст} = 0,02456 \times 2,718^{(0,05581 - 0,00007 \times 200) \times 200} - 0,02456 \times 2,718^{(0,05581 - 0,00007(200-1))}$$

$$^{(200-1)} = 2,85$$

$$0,00007 \times 200 = 0,014$$

$$0,05581 - 0,014 = 0,04181$$

$$0,04181 \times 200 = 8,362$$

$$2,718^{8,362} = 4277,5$$

$$200 - 1 = 199$$

$$0,00007 \times 199 = 0,01393$$

$$0,05581 - 0,01393 = 0,04188$$

$$0,04188 \times 199 = 8,334$$

$$2,718^{8,334} = 4159,4$$

$$0,02456 \times 4277,5 = 105$$

$$0,02456 \times 4159,4 = 102,15$$

$$105 - 102,15 = 2,85 \text{ г.}$$

Общая потребность в усвояемом Са:

$$Ca_{у} = Ca_{пд} + Ca_{л} + Ca_{ст} = 19,53 + 20,8 + 2,85 = 43,18$$

Усвояемость Са из сена, силоса, сенажа составляет 30% (коэфф. 0,3), из концентратов 60% (коэфф. 0,6). Рацион содержал 65% СВ объемистых кормов и 35% концентратов, средний коэффициент усвояемости равен  $65 \times 0,3 + 35 \times 0,6 = 40,5 (0,405)$ .

Потребность в общем кальции:  $43,18 : 0,405 = 106,6$  г/день.

В расчете на 1 кг СВ:  $106,6 / 16 = 6,66$  г (0,67%).

### Определение потребности коров в усвояемом фосфоре факториальным методом

**Поддержание:** 1 г усвояемого фосфора ( $P_{у}$ ) на 1 кг потребленного сухого вещества:

$$P_{пд} = 1 \text{ г} \times ПСВ,$$

где ПСВ – потребление сухого вещества, г/день.

**Лактация.** 0,9 г усвояемого фосфора на 1 кг молока:

$$P_{л} = 0,9 \times M,$$

где M – надой молока, кг/день.

**Стебельность** по уравнению:

$$P_{ст} = 0,02743 e^{(0,05527 - 0,000075t)t} - 0,02743 e^{(0,05527 - 0,000075(t-1))(t-1)}$$

**Пример определения потребности в усвояемом фосфоре для коровы ж.м. 630 кг, сут. надой 16 кг, стельность (беременность) 200 дней, потребление сухого вещества 16 кг/день.**

Поддержание:

$$P_{пд} = 1 \text{ г} \times 16 = 16 \text{ г усв. фосфора}$$

Лактация:

$$P_{л} = 0,9 \times 16 = 14,4 \text{ г усв. фосфора}$$



Стельность:

$$P_{ст} = 0,02743 \times 2,718^{(0,05527 - 0,000075 \times 200)200} - 0,02743 \times 2,718^{(0,05527 - 0,000075 \times 199)199} = 2,16$$

$$0,000075 \times 200 = 0,015$$

$$0,05527 - 0,015 = 0,04027$$

$$0,04027 \times 200 = 8,054$$

$$2,718 Y^x 8,054 = 3143,7$$

$$0,000075 \times 199 = 0,014925$$

$$0,05527 - 0,014925 = 0,040345$$

$$0,040345 \times 199 = 8,028655$$

$$2,718 Y^x 8,028655 = 3065,1$$

$$0,02743 \times 3143,7 = 86,23$$

$$0,02743 \times 3065,1 = 84,07$$

$$86,23 - 84,07 = 2,16 \text{ – фосфора.}$$

Общая потребность в усвояемом фосфоре:

$$P_{у\text{общ}} = P_{пд} + P_{л} + P_{ст} = 16 + 14,4 + 2,16 = 32,562$$

Принято, что усвояемость фосфора из сена, сенажа, силоса составляет 64% (коэфф. 0,64), из концентратов 70% (коэфф. 0,70). Рацион содержит 65% объемистых кормов и 35% концентратов. Средний коэффициент усвояемости:  $65 \times 0,64 + 35 \times 0,70 = 66,1$  (0,661).

$$\text{Потребность в общем фосфоре} = 32,562 / 0,661 = 49,262 \text{ г/день.}$$

$$\text{В расчете на 1 кг СВ: } 49,26 / 16 = 3,06 \text{ г (0,31\%)}$$

На базе факториального метода разработаны нормы питания для коров, представленные в таблице 56.

Таблица 56. Нормы содержания питательных веществ в рационах коров крупных и средних пород (ж.м. 600 кг), содержание в молоке: жира – 3,8%, белка – 3,3% в периоды лактации 0-21 и 22-120 дней после отела

Показатели	Надой, кг/д			0-21 дней						22-120 дней				
	20	25	30	20	25	30	35	40	45					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
Потребление СВ, кг/д	13,5	14,5	15,7	16,7	18,2	19,8	21,4	23	24,5					
Потребность ОЭ, МДж/д	158,2	180,6	203,3	163,7	187,5	212,0	235,4	259,5	279,2					
Потребность ОЭ, МДж/кг СВ	11,7	12,5	12,9	9,8	10,3	10,7	11,0	11,3	11,4					
Обменный белок, %	11,2	12,7	13,8	9,6	10,5	11,4	12,1	12,6	12,7					
РРБ, %	11,3	12,9	14,2	10,3	11,0	11,2	11,5	11,8	12,2					
НРБ, %	6,0	6,6	7,0	4,4	5,2	5,6	6,0	6,2	6,2					
Сырой белок, %	17,3	19,5	21,2	14,7	16,2	16,8	17,5	18,0	18,4					
НДК мин., %	25-33	25-33	25-33	25-33	25-33	25-33	25-33	25-33	25-33					
КДК мин., %	17-21	17-21	17-21	17-21	17-21	17-21	17-21	17-21	17,21					
НСУ макс., %	36-44	36-44	36-44	36-44	36-44	36-44	36-44	36-44	36-44					
Доступный Са, г/кг	3,6	3,9	4,0	2,7	2,6	2,7	2,8	2,8	2,8					
Общий Са, г/кг	6,8	7,4	7,6	6,3	6,2	6,5	6,7	6,4	6,4					
Доступный Р, г/кг	2,4	2,8	3,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5					
Общий Р, г/кг	3,6	3,8	4,2	3,1	3,2	3,4	3,5	3,5	3,5					
Mg, %	0,25	0,27	0,28	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cl, %	0,34	0,36	0,38	0,24	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28
K, %	1,20	1,20	1,20	1,00	1,00	1,02	1,04	1,05	1,06
Na, %	0,34	0,34	0,36	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23
S, %	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Co, мг/кг	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Cu, мг/кг	16	16	16	11	11	11	11	11	11
I, мг/кг	0,88	0,88	0,80	0,60	0,60	0,55	0,50	0,48	0,48
Fe, мг/кг	19	19	19	12,0	12,0	14	15	16	16
Mn, мг/кг	21	21	21	14	14	14	14	14	14
Se, мг/кг	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Zn, мг/кг	65	65	65	40	43	0,45	48	50	50
Витамин А, МЕ/кг	8000	7500	7000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Витамин Д, МЕ/кг	2500	2250	2000	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Витамин Е, МЕ/кг	40	40	40	28	25	24	23	20	20
СВОК : СВК	55:45	52:48	50:50	55:45	52:48	50:50	48:52	46:54	43:55
Влажность, (вода, %)	45-55	45-55	50	45-55	45-55	50	50	45	45
(Na+K)-(Cl+S), мг экв/100 г СВ	20-35	20-40	20-40	20-40	20-40	20-40	25-40	25-40	25-40

### Проверочные вопросы

1. Из каких потребностей по факториальному методу складывается потребность в энергии, белке, Са и Р?
2. Что такое метаболическая живая масса и способ её расчета?
3. Как изменяется потребление сухого вещества у коров в процессе лактации?
4. Сколько ОЭ (МДж) требуется на поддержание в расчете 1 кг метаболической живой массы коров?
5. Как рассчитывают потребность в ОЭ на продукцию молока с учетом его состава?
6. Как определить потребность в чистом белке и сыром белке у коров на поддержание?
7. Как определить потребность коров в чистом белке и сыром белке факториальным методом на производство молока?
8. Как рассчитать потребность в доступном (усвояемом) и общем Са и Р?

### Рекомендуемая литература:

1. Харитонов Е.Л., Физиология и биохимия питания молочного скота.- Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011, -372 с.
2. Рядчиков В.Г., Подворок Н.И., Потехин С.А. Питание высокопродуктивных коров – Краснодар, 2002. 86 с.
3. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, NRC, USA, 2001
4. ARC The Nutrient Requirement of Ruminants Livestock 1980/ Slough, England.

## Методика составления рациона для сельскохозяйственных животных

### Основные требования при составлении рационов:

- наличие современных норм потребности в питательных веществах - энергии, белке, минералах и многих других, контролирующих сбалансированность питания животных;

- наличие необходимых кормовых средств и данных их химического состава;

- наличие витаминно-минеральных премиксов, при необходимости препаратов аминокислот, ферментов, пробиотиков, вкусовых и ароматических добавок, антиоксидантов и других.

Нормы питания и состав отдельных кормов и рациона для жвачных животных рассчитывают на абсолютно – сухое вещество (100% сухого вещества), для животных с простым желудком (свиньи, птица и др.) на воздушно-сухое вещество, обычно это комбикорма из натурального зерна, белковых добавок стандартной влажности 10-13%.

Составление рационов не делается с «чистого листа». Каждый специалист использует свой опыт и материалы, опубликованные в книгах, журналах. В качестве примера в приложениях 6-9 представлены рационы, которые применялись для кормления высокопродуктивных коров (7-9 тыс. кг молока за лактацию) в ОАО «Агрообъединение Кубань» Усть-Лабинского р-на и ЗАО «Победа» Брюховецкого р-на Краснодарского края.

### Технология составления рационов для коров

Нормы потребности для лактирующих коров представлены в таблице 56. Если коровы по живой массе, продуктивности, составу молока, для которых нужно составить рацион, не укладываются в параметры этих норм, то пользователь сам должен с помощью факториального метода рассчитать потребность в сухом веществе, энергии и сыром белке для конкретной коровы, группы или стада коров (тема 9). Наиболее важным требованием является сбалансированность рациона по концентрации питательных веществ в расчете на кг СВ.

**Пример.** Составить рацион для коровы ж.м. 600 кг, суточный надой молока 30 кг, содержание в молоке жира 3,8%, белка 3,3%. Стадия лактации 22-120 дней после отела (в среднем 10 недель).

Для разработки рациона имеются следующие корма:

Силос кукурузный, заготовленный в фазу молочно-восковой спелости (35% СВ)

Сенаж люцерновый, заготовленный в фазу  $\frac{3}{4}$  цветения (50% СВ)

Сено люцерновое, заготовленное в фазу полного цветения (85% СВ)

Жом свекловичный сырой (12% СВ)

Кукуруза (88% СВ)

Пшеница (88% СВ)

Ячмень (88% СВ)

Жмых соевый (90% СВ)

Жмых подсолнечный (90% СВ)

Отруби пшеничные (89% СВ)

Премикс для лактирующих коров

Мел (CaCO<sub>3</sub>)

Соль поваренная (NaCl)

### Порядок составления рационов

Установить потребность в общем количестве сухого вещества и энергии на базе имеющихся норм или путем расчета факториальным методом. Для указанной коровы требуется 19,8 кг СВ и 213,8 МДж ОЭ.

Необходимо определить, сколько сухого вещества и энергии рациона должно приходиться на объемистые корма (СВОК) (силос, сенаж, сено, а также свекловичный жом) и сколько на долю концентратов (зерно, жмыхи, шроты, свекловичная патока). По нормам это соотношение должно быть СВОК:СВК=50:50

Из общего количества сухого вещества необходимо исключить долю минеральных веществ (фосфорно-кальциевые, поваренная соль) и премикса, количество которых чаще всего составляет 2,5-3% СВ, в нашем примере оно равно 2,6%, в абсолютном количестве:  $(19,8 \times 2,6) / 100 = 0,516$  кг  $\approx 0,52$  кг. На остальные корма остается:  $19,8 - 0,52 = 19,28$  кг. Следовательно, количество СВОК и СВК составляет по  $9,64$  кг ( $19,28 / 2 = 9,64$ ).

Чтобы определить, сколько каждого объемистого корма нужно включить в рацион, чаще всего исходят из их запасов в хозяйстве или из отработанного наукой и практикой оптимального соотношения этих кормов в обеспечении коров клетчаткой, каротином, белком.

К примеру, в хозяйстве заготовлено:

	СВ, т	%
Силос кукур. – $10000 \text{ тонн} \times 0,35 =$	3500	47,5
Сенаж люц. – $4000 \text{ тонн} \times 0,50 =$	2000	27,1
Сено люц. – $1500 \text{ тонн} \times 0,85 =$	1275	17,3
Сырой жом – $5000 \text{ тонн} \times 0,12 =$	600	8,1
Итого	7375	100

В таком же соотношении сухого вещества (%) необходимо включить в рацион объемистые корма, чтобы обеспечить равномерность кормления в течение всего года.

Силос	$(9,64 \times 47,5) / 100 = 4,58$ кг
Сенаж	$(9,64 \times 27,1) / 100 = 2,61$ кг
Сено	$(9,64 \times 17,3) / 100 = 1,67$ кг
Жом	$(9,64 \times 8,1) / 100 = 0,78$ кг
	<u>9,64 кг</u>

Вторую половину сухого вещества 9,64 кг необходимо распределить между зерновыми и белковыми добавками. Как показывает практика, более или менее, оптимальное соотношение зерновые : белковые = 60:40. Следовательно, количество сухого вещества зерновые + патока составит:  $9,64 \times 0,6 = 5,78$  кг, белковые  $9,64 \times 0,4 = 3,86$  кг.

Зерновую часть лучше всего распределить в таком соотношении: кукуруза: пшеница: ячмень: патока – 46: 22: 22:10, что составит по количеству сухого вещества каждого компонента:

Кукуруза	$5,78 \times 0,46 = 2,66$ кг
Пшеница	$5,78 \times 0,22 = 1,27$ кг
Ячмень	$5,78 \times 0,22 = 1,27$ кг
Патока	$5,78 \times 0,10 = 0,58$ кг
	<u>5,78 кг</u>

Сухое вещество белковых добавок распределяем в соотношении: соевый жмых: подсолнечный жмых: отруби пшеничные = 50: 35: 15 (отруби не относятся к белковым кормам, но в рационах их часто включают), количество сухого вещества этих кормов:

Соевый жмых	$3,86 \times 0,5 = 1,93$ кг
Подсолнечный жмых	$3,86 \times 0,35 = 1,351$ кг
Отруби	$3,86 \times 0,15 = 0,579$ кг
	<u>3,86 кг</u>

Сейчас коров кормят полнорационной смесью, состоящей из грубых, сочных, концентрированных кормов, минеральных и витаминных добавок. По сути это комбикорм и его состав можно рассчитывать по количеству каждого ингредиента, выраженного в сухом веществе (рис. 35).

В связи с этим вносим в таблицу расчета состава рациона количество сухого вещества каждого корма, рассчитываем их содержание в процентах от общего количества сухого вещества, т.е. подобно тому как выражают ингредиенты в комбикормах для птиц и свиней. Поэтому количество каждого корма выражают на кг СВ полнорационной кормосмеси. Пользуясь таблицами состава кормов (приложение 1) рассчитываем содержание питательных веществ в сухом веществе каждого корма. Затем эти показатели суммируют по строчке «Итого» и сравнивают полученные результаты с нормами потребности на 1 кг СВ (таблица 56).

Такой расчет позволяет сопоставить концентрацию питательных веществ в 1 кг СВ рациона с нормами потребности, выраженными так же в 1 кг сухого вещества.



Рисунок 35. Коровы едят полнорационную кормосмесь

Микроэлементы, витамины А, Д, Е не рассчитывают в кормах. Необходимое их количество вносится в рацион в составе премикса. Важно определить количество  $\beta$ -каротина, путем лабораторного анализа. В кормах общий каротин быстро разрушается, а при нарушении заготовки сена и сенажа его остается очень мало. Поэтому рассчитывать на каротин как единственный источник витамина А не приходится.

Расчет суточного рациона в натуральных кормах производят на основе содержания сухого вещества в каждом корме. Например, на силос приходится 4,58 кг сухого вещества. Содержание сухого вещества в силосе составляет 35% или 0,35 кг/кг силоса. Следовательно, количество натурального силоса составляет  $4,58:0,35=13,1$  кг. Подобные расчеты делают по каждому корму. Окончательно рацион для использования на ферме должен выглядеть, как показано в таблице 38.

*Примечание: при включении 1% премикса в рацион обеспечивается в расчете на 1 кг СВ: вит А – 8000 МЕ, Д<sub>3</sub> – 1500, Е – 30 мг, Со – 0,3 мг, Си – 16 мг, I – 1,2 мг, Fe – 10 мг, Mn – 35 мг, Se – 0,5 мг, Zn – 60 мг.*

Заключение по составленному рациону: содержание питательных веществ в кг СВ соответствует нормам. Некоторые несовпадения (в виде превышения) по минеральным веществам: Са, Р, Сl допустимы.

Влажность натурального корма составила 47,4%, что также соответствует нормам.

Таблица 57. Расчет состава рациона для лактирующих коров Ж.М. 600 кг, суточный надой молока 30 кг, содержание в молоке жира 3,8%, белка 3,3%, стадия лактации 22-120 дн после отела

Корма	СВ			ОЭ, МДж	СБ, г	НПП, г	РПП, г	НДК, г	КДК, г	НСУ, г	Са		Р		Mg, г	K, г	S, г	Na, г	Cl, г
	кг	%	Кг/кг								общ.	дост.	общ.	дост.					
Силос кукур.	4,58	23,1	0,231	2,22	20,8	6,2	14,6	115,5	69,3	74,8	0,65	0,20	0,60	0,38	0,39	2,77	0,32	0,02	0,67
Сенаж люцерн.	2,61	13,2	0,132	1,24	21,8	5,3	16,5	52,3	41,2	43,3	1,81	0,54	0,40	0,26	0,40	3,23	0,41	0,08	0,82
Сено люцерн.	1,67	8,5	0,085	0,70	13,2	2,6	10,5	33,7	26,5	27,9	1,29	0,39	0,22	0,14	0,26	2,15	0,21	0,01	0,63
Жом сырой	0,78	4,0	0,040	0,21	3,0	2,0	1,6	15,6	11,2	17,6	0,36	0,11	0,04	0,03	0,09	0,38	0,12	0,12	0,07
Кукуруза	2,66	13,4	0,134	1,76	12,7	5,4	7,4	12,7	4,6	100,9	0,05	0,03	0,40	0,28	0,16	0,56	0,13	0,03	0,11
Пшеница	1,27	6,4	0,064	0,83	8,3	1,9	6,4	8,6	2,8	44,4	0,03	0,02	0,28	0,20	0,10	0,32	0,10	0,01	0,07
Ячмень	1,27	6,4	0,064	0,78	7,9	1,7	6,2	13,3	4,6	39,5	0,04	0,02	0,25	0,18	0,09	0,36	0,08	0,01	0,08
Патока	0,58	3,0	0,030	0,34	2,3	0,4	2,0	-	-	24,5	0,05	0,03	0,01	0,01	0,09	1,82	0,18	0,44	-
Жмых соев.	1,93	9,7	0,097	1,46	44,6	28,1	16,5	19,4	10,1	19,8	0,35	0,21	0,64	0,45	0,29	2,06	0,33	0,04	0,10
Жмых подсолн.	1,54	7,8	0,078	0,95	28,5	5,1	23,3	35,1	22,2	3,0	0,37	0,22	0,78	0,55	0,49	1,17	0,30	0,03	0,09
Отруби пш.	0,40	2,0	0,02	0,21	3,5	0,6	2,8	8,5	3,0	5,9	0,03	0,02	0,24	0,17	0,11	0,26	0,04	0,01	0,03
Премикс	0,20	1,0	0,01	0,08	1,4	0,2	1,1	3,4	1,2	2,4	0,04	0,02	0,08	0,06	0,05	0,12	0,03	0,0	0,01
Мел	0,20	1,0	0,01	-	-	-	-	-	-	-	3,80	2,85	-	-	-	-	-	-	-
NaCl	0,12	0,6	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,37	3,6
Итого:	19,8	100	1,000	10,76	168,0	59,5	108,9	318,1	196,7	404	8,87	4,68	3,94	2,70	2,52	15,2	2,25	3,17	6,28
Потребность, г/кгСВ				10,70	168,0	56,0	112,0	250- 330	170- 210	360- 440	6,5	2,7	3,40	2,30	1,80	10,2	2,00	2,3	3,6

\* Коэффициенты биодоступностиСа: объемистые корма – 30%, концентраты – 60%

\* Коэффициенты биодоступностиР: объемистые корма – 64%, концентраты – 70%

Расчет катионно-анионной баланса, мг экв.

Содержится в 1 кг СВ, мг

	Атомная масса	=	Мг экв.	Разница:
K 15200:	39	=	390	(K+Na)-(Cl+S)= (390+138)- (177+140)=218
Na 3170:	23	=	138	
Cl 6280:	35.5	=	177	
S 2250:	32	=	70×2=140	В расчете на 100 г СВ - 21,8 мг экв.



Таблица 58. Рацион для лактирующих коров, Ж.М. 600 кг, суточный надой 30 кг, содержание в молоке жира 3,8%, белка 3,3%, период лактации 9 неделя после отела

Дата:

Составитель (ФИО)

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кукур.	13,11	34,9	4,58	23,1
Сенаж люц.	5,20	13,8	2,61	13,2
Сено люц.	1,96	5,2	1,67	8,5
Жом сырой	6,50	17,3	0,78	4,0
Кукуруза (дёрть)	3,02	8,0	2,66	13,4
Пшеница (дёрть)	1,12	3,0	1,27	6,4
Ячмень (дёрть)	1,12	3,0	1,27	6,4
Патока	0,75	2,0	0,58	3,0
Жмых соев.	2,14	5,7	1,93	9,7
Жмых подсолн.	1,71	4,5	1,54	7,8
Отруби пшен.	0,45	1,2	0,40	2,0
Премикс для лактир. коров	0,20	0,5	0,20	1,0
Мел	0,20	0,5	0,20	1,0
NaCl	0,12	0,4	0,12	0,6
Итого	37,60	100,0	19,8	100,0

Содержится в рационе:

	На гол/день	Норма	в кг СВ	Норма
СВ, кг	19,8	19,8	-	-
ОЭ, МДж	213	212	10,76	10,70
СБ, г	3326	3326	168	168
НРП, г	1180	1109	59,6	56
РРП, г	2156	2218	108,9	112
НДК, г	6296	4950-6534	318	250-330
КДК, г	3900	3366-4158	197	170-210
НСУ, г	7999	7128-8712	404	360-440
Са общ., г	175,6	128,7	8,87	6,5
Са дост., г	92,7	53,5	4,68	2,7
Р общ., г	78,0	67,3	3,94	3,40
Р дост., г	53,5	45,5	2,70	2,30
Mg, г	49,9	35,6	2,52	1,80
K, г	301	202	15,2	10,2
S, г	44,6	39,6	2,25	2,0
Na, г	62,8	45,5	3,17	2,3
Cl, г	124	71,3	6,28	3,6
Каротин				

## Питание, обмен веществ и здоровье высокопродуктивных коров в переходный (transition) коров

### Особенности обмена веществ в переходный период

В сухостойный период и его переходную фазу (за 2-3 недели до отела) происходят серьезные изменения в гормональном статусе, которые направлены на подготовку организма к родам и лактации. Содержание инсулина в плазме крови коров снижается, а гормона роста повышается. Концентрация тироксина (Т4) повышается в позднюю фазу беременности, к отелу снижается на 50% и затем снова повышается. Такие же изменения происходят с концентрацией гормона трийодтиронина (Т3). Эстрогены, прежде всего, эстрон плаценты повышается в плазме в течение поздней беременности, однако сразу снижается к родам. Концентрация прогестерона в сухостойный период повышается, но за 2 недели до родов снижается. Концентрация глюкокортикоидов и пролактина увеличивается в день отела и возвращается до предродового уровня на следующий день.

В связи с такими гормональными скачками переходный период (предродовой 21-0 дней, роды, после родов 0-21 дней) является наиболее напряженным по интенсивности обмена веществ у коров. В этот период корова нуждается в большом количестве питательных веществ и энергии для образования молозива и молока. Однако парадоксально то, что, у нее ухудшается аппетит, потребление корма едва покрывает 60–70% затрат на производимое молоко (рис. 36).

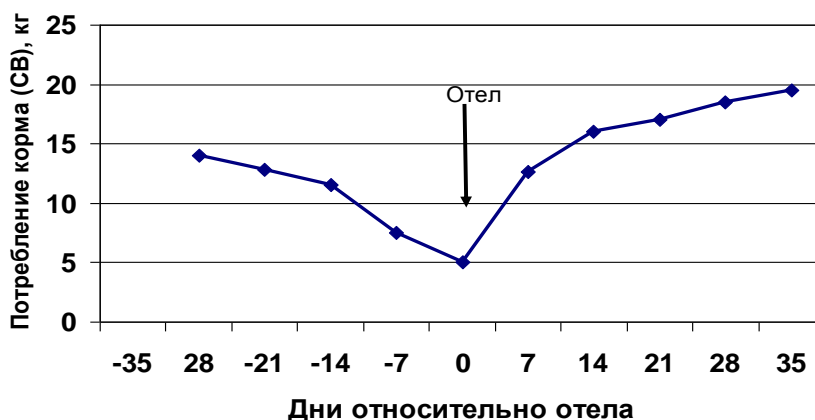


Рисунок 36. Потребление корма в предродовом и послеродовом периодах

Недостающие энергия и питательные вещества – белки, жиры, углеводы, кальций и другие - поступают за счет мобилизации этих веществ из жировой, мускульной и костной тканей, при этом происходит отрицательный баланс энергии. Корова резко теряет живую массу (по выражению работников МТФ корова «сдаивается»). Такой способ компенсации недостатка питательных веществ в пред- и послеродовой периоды происходит у всех видов животных, являясь природой запрограммированным. Однако для коров, отселекционированных на высокое производство молока, этот процесс нередко приобретает стрессовое значение, чреватое риском потери иммунитета и жизненных сил организма.

### Метаболические заболевания

Чаще всего коровы в переходный период страдают от заболеваний кетозом, ацидозом рубца, воспалительных процессов половых органов, поражения копытного рога и стопы, родильных парезом.

**Кетоз.** Заболевание кетозом и жировое перерождение печени в значительной мере связаны с недостатком глюкозы, необходимой для синтеза молочного сахара и как источника энергии для поддержания жизнедеятельности организма. Но сразу после отела концентрация глюкозы в крови существенно снижается. Глюкоза синтезируется, главным образом, в печени из пропионовой кислоты (60%), аминокислот (20%), а остальная — из глицерина. У высокопродуктивной коровы печень должна ежедневно синтезировать до 3–4 кг глюкозы (такой синтез называется глюконеогенезом).



Рисунок 37. Ожирение печени коров больных кетозом

При недостатке глюкозы потребность в энергии начинает обеспечиваться за счет мобилизации жировых запасов тела животного.

Клетки печени жадно поглощают жирные кислоты освобожденные из жировых депо. И, если печень не справляется с переработкой этого потока, она накапливает в себе жир (синдром жирной печени, рис 37, 38), что резко ухудшает ее способность образовывать глюкозу и осуществлять другие жизненно важные функции. Концентрация неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК) в крови за 2 недели до отела возрастает в 2–3 раза и на 2–3-й неделе после отела в 6–7 раз (рис. 39).

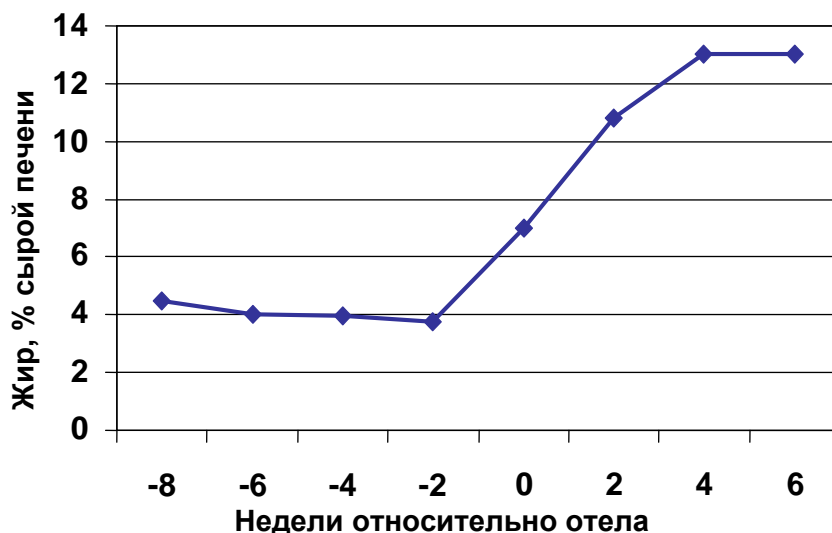


Рисунок 38. Изменение содержания жира в печени коровы в предродовом и послеродовом периодах



Рисунок 39. Изменение концентрации неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК) в крови коров в пред- и послеродовой периодах

Значительная часть неиспользованных жирных кислот превращается в, так называемые, кетоновые тела — ацетоуксусную,  $\beta$ -гидрооксимасляную (БГМК) кислоты и ацетон. Эти вещества накапливаются в крови, вызывая заболевание коров кетозом. Для установления наличия у коров кетоза проводят анализ крови, мочи и молока на содержание кетоновых тел. При концентрации БГМК в плазме крови на уровне 1000 микромолей (мМ) и ниже коров относят к благополучным, при концентрации на уровне 1200 мМ — в состоянии субклинического кетоза, а при более 1200 мМ — острого кетоза. Кетоновые тела медленно метаболизируются, их накопление отражается ухудшением аппетита, снижением молочной продуктивности, сильной потерей живой массы, часто до 3 кг в сутки. У кетозных коров присутствует запах ацетона в молоке, выдыхаемом воздухе, фекалиях. Однажды созданная ожиревшая печень будет постоянной причиной низкой продуктивности, плохого воспроизводства в течение значительного периода, а чаще всего выбраковки или гибели коров.

Возникновение острого кетоза стимулируется его субклинической формой, которая без видимых признаков присутствует у коров в любой период лактации и сухостоя в тех случаях, когда скармливаются недоброкачественные силос, сенаж, свекловичный жом, содержащие масляную кислоту, нитраты, остатки пестицидов и гербицидов, соли тяжелых металлов выше максимально допустимого уровня. Скармливание сенажа и силоса с высоким содержанием масляной кислоты отражается на увеличении кетоновых тел в молоке и крови, ослаблении функции печени и при высокой нагрузке в пред- и послеотельный периоды способствует быстрому ее поражению.

**Ацидоз.** В переходный период из-за неправильного кормления наиболее часто возникает ацидоз рубца, когда рН его содержимого снижается до 5,0–5,2, вместо 6,5–7,0 в норме. При низком рН подавляется деятельность микрофлоры рубца, у коров снижается аппетит, возникает диарея (поносы), подкожные абсцессы, хромота (ламинит), ожирение печени, смещение сычуга, тимпания, синдром неожиданной смерти.

Основная причина ацидоза обусловлена современной системой кормления — это высокий уровень концентратов, богатых крахмалом и низкое содержание в рационе грубых кормов. Ацидоз рубца может возникнуть в любой период лактации коров в тех случаях, когда состав рациона и физическая структура кормов способствует созданию низкого рН рубца. Умеренным ацидоз считается при рН рубцового содержимого на уровне 5,2–5,5, острый — рН менее 5,2. Субклинический ацидоз рубца (СКАР) определяется при колебании в течение суток от 5,6 до 6,0. Это наиболее распространенная форма ацидоза. В состоянии СКАР в высокопродуктивных стадах находится от 20 до 30% коров в течение всей лактации.

При ацидозе в рубце происходит гибель бактерий и простейших, изменение состава популяций микроорганизмов. В рубцовой жидкости повышается концентрация продуктов их разложения (лизиса) — липополисахаридов (ЛПС), которые являются токсическими веществами (эндотоксинами). При низком рН и высокой концентрации эндотоксинов поражается эпителий рубца. Пораженные участки становятся воротами для проникновения эндотоксинов в кровь, что оказывается ключевым фактором воспалительных процессов в органах и тканях, характеризующихся как бактериальная инфекция.

В первой фазе сухостойного периода (60–20 дней до отела) низкоэнергетические рационы коров состоят, в основном, из грубых кормов: сена, силоса и сенажа. В рационах нетелей в этот период концентраты (зерно + жмыхи) составляют не более 10–15 % сухого вещества (СВ). Грубые корма сбраживаются в рубце медленно, стимулируют жвачку, которая способствует выделению большого количества слюны. Слюна имеет очень важное значение в поддержании нормального рН в рубце. Вместе с тем, на низкоэнергетических рационах за 1-й период сухостоя снижается длина сосочков слизистой рубца. В результате до 50 % всасывающей поверхности может теряться в первые 7 недель сухостойного периода, что ухудшает способность всасывания ЛЖК. Чтобы подготовить слизистую рубца и рубцовую микрофлору к лактации, системой кормления высокопродуктивных коров предусматривается за 3 недели до отела перевод коров на рацион 2-ой фазы сухостоя (заключительная фаза), постепенно доводя уровень концентратов к отелу до 35 – 40 % по СВ. В случае, когда переход на вторую фазу не практикуется и новотельных коров резко переводят на высокоэнергетический рацион сразу после отела, то, как правило, возникает ацидоз рубца.

Это объясняется следующими причинами. При резком переводе коров на рацион с высоким содержанием крахмала и сахара, концентрация молочнокислых бактерий в рубце активно нарастает, происходит бурное образование молочной кислоты (лактата), которая подавляет целлюлозолитические бактерии. Молочная кислота плохо утилизируется в ЛЖК из-за того, что утилизирующие ее бактерии не успевают размножиться до необходимой концентрации. Для их размножения надо 3–4 недели. Молочная кислота является более сильной, чем ЛЖК – уксусная, пропионовая и масляная кислоты. К тому же она медленно всасывается. Накопление большого количества молочной кислоты является главным фактором ацидоза. Из-за отсутствия данных о сроках стельности закупленных за рубежом нетелей имеют место неоднократные случаи, когда отел происходит до перевода на рацион заключительной фазы сухостоя. В этих случаях микрофлора рубца оказывается не подготовленной к перевариванию высокоэнергетических кормов, что являет-

ся одной из причин заболевания ацидозом и последующих проблем со здоровьем и продуктивностью коров.

**Ламинит.** Ламинит- это воспаление дермальных слоев копыта. Случаи ламинита для голштинского скота колеблются от 10 до 40 %. Наиболее вероятной причиной ламинита являются последствия ацидоза, в результате которого в крови повышается уровень эндотоксинов и гистамина, как продуктов лизиса рубцовых микроорганизмов. Их поступление в районы конечностей вызывает воспалительные процессы и нагноение дермальных слоев копыт. Чаще всего эта болезнь проявляется на 3–4-й месяц после отела и нередко всего года (рис. 40).

Причины ламинита разнообразны. Кормовые являются ключевыми в его развитии. Факторы внешней среды, вызывающие нагноение стопы или пальцевидный дерматит: грязь, плохая уборка навоза, сырость пола, отсутствие или недостаток подстилки, твердые полы, длительные стояния на ногах, чрезмерно длительная прогулка на твердой поверхности. В комфортных условиях корова должна лежать не менее 13 часов.



Рисунок 40. Симптомы ламинита: язвы стенки и подошвы копыт

Несвоевременная или неправильная обработка копыт приводит к неустойчивости и их повреждению. Скользкие полы являются причиной подскользывания и падения с повреждением бедра, коленной чашечки, верхнего колена. Большое количество животных в одном помещении или загоне, грубое обращение работников способствует травмам.

**Послеродовые осложнения воспроизводительных функций.** Около 50 % и более высокопродуктивных коров страдают от нарушений воспроизводительных функций после отела, что проявляется задержанием последа, отсутствием проявления охоты, плохой оплодотворяемостью, увеличением межотельного интервала, низкой рождаемостью телят. Задержание последа обусловлено послеродовой дистрофией мышц мат-

ки. Кальций и глюкоза-основные вещества, обеспечивающие сокращение гладких мышц. Однако концентрация в крови этих веществ после отела заметно снижается. Факторы питания, влияющие на задержание последа, это те, которые имеют место в пред- и послеродовой периоды. К ним относятся несбалансированность рационов энергией, белком, кальцием, селеном, йодом, витаминами А, D, Е. Существенный недостаток белка и энергии в соединении со стрессом родов ведет к задержанию последа.

Случаи задержания последа связаны с балансом Са и Р. Многолетние коровы с признаками острой гипокальцемии в 2 раза больше имели случаев задержания последа и метритов, чем коровы с нормой кальция. Коровы, переболевшие родильным парезом, в 4 раза больше имели случаев задержания последа и метритов, чем неболевшие.

Большая роль в нормализации половых циклов принадлежит гонадотропным гормонам, а также инсулину, гормону роста (ГР), инсулиноподобному фактору роста-1 (ИПФР-1) (IGF-1-insulin-like growth factor). Дефицит энергии ухудшает способность гипоталамуса к образованию гонадотропных рилизинг-гормонов (ГТРГ), снижению образования лютеинизирующего гормона, необходимого для своевременного формирования фолликулов и овуляции. Кроме того, наблюдается отсутствие увеличения прогестерона, что вызывает задержку овуляции и заболевание яичников.

В профилактике послеродовых осложнений и нормализации воспроизводительных функций определенное значение имеет обеспечение коров β-каротином, оказывающим специфическое действие в нормализации половых органов.

**Родильный парез.** Эта болезнь поражает до 4 -6 % коров и обусловлена снижением концентрации кальция в крови до 5 мг/100 мл и ниже при норме 9-10 мг/100 мл. Снижение кальция происходит в результате его оттока в молозиво и молоко после родов. Гипокальцемия поражает мышечные и нервные функции до такой степени, что животные не могут встать на ноги. Внутривенную инъекцию кальция применяют в лечении больных родильным парезом. Коровы с признаками родильного пареза восприимчивы к другим заболеваниям – маститам, смещению сычуга, задержанию последа и кетозу. Даже если родильный парез проявляется у нескольких коров, это может быть сигналом, что почти все коровы испытывают снижение кальция в крови в первые дни после отела. Субклиническая гипокальцемия отрицательно действует на аппетит и продуктивность коров. Адаптация коров в течение критических первых дней лактации связана с секрецией паратироидных гормонов, которые снижают потери кальция с мочей, стимулируют синтез 1,25-дигидрооксивитамина D, что способствует повышению всасывания кальция в кишечнике.



Другой причиной риска заболевания коров родильным парезом является кислотно-щелочное состояние перед родами. Метаболический алкалоз подавляет активность паратироидных гормонов и, как следствие, костную реабсорбцию кальция, производство 1,25-дигидрооксивитамина D. Коровы на рационе с высоким уровнем К и Na, находятся в состоянии метаболического алкалоза, который ухудшает всасывание кальция и ведет к заболеванию. Необходимо в этот период создать в рационе слабокислотные отношения катионо-анионного баланса (КАБ) на уровне 0-(-10). КАБ рассчитывают по уравнению:  $КАБ=(Na+K)-(Cl+S)$ .

### **Режим питания в переходный период**

Кормление на крупных фермах и комплексах в настоящее время осуществляется полнорационными кормосмесями, приготовленными в миксерах. Наиболее ответственные периоды, определяющие состояние здоровья и продуктивность, приходится на 2-ю заключительную фазу сухостоя (21–0 дней до отела), начальный период лактации 0–21 дн. и первую фазу лактации 21–120 дн. после отела. Опытами установлено, что в заключительную фазу сухостоя кормление должно быть не вволю, а ограничено в соответствии с нормативами для голштинских коров 10-12 кг СВ. (табл 59).

**Проблема упитанности.** Обильное кормление коров в сухостойный период способствует накоплению значительных жировых запасов, что может вызвать интенсивную мобилизацию жира в ранней лактации и, как следствие, цирроз печени. Поэтому рекомендуется, чтобы коровы и нетели к отелу имели среднюю упитанность. Необходимо внимательно следить за 2-3 месяца до отела по 5 бальной шкале (рис. 41). Если она отклоняется от требования быть на уровне 3- 3,3 баллов, то соответственно регулируют питание составом рациона. В сухостойный период концентрация энергии должна быть не более 8 МДж/кг СВ. Для снижения энергетической насыщенности в рацион коров вводят до 3-5 кг соломы, в рацион нетелей до 3-4 кг.

Таблица 59. Нормы питательных веществ для сухостойных коров, нетелей 4-8,5 мес. беременности и в заключительную фазу беременности 21-0 день

Показатели	Сухостойные коровы		Нетели	
	60-30 дн. до отела	21-0 дн. до отела	4-8,5 мес. стельности	21-0 дн. до отела
Сухое вещество, кг/д	14,0	13,6	11,3	10,0
ОЭ, МДж/д	105	145	101,7	105
ОЭ, МДж/кг	7,5	10,5	9,0	10,5
Обменный белок, %	6,3	8,3	8,6	9,7
Сырой белок, %	10,9	12,5	13,5	15,1
РРБ, %	8,7	7,8	9,6	10,2
НРБ, %	2,2	4,7	3,9	4,9
НДК, мин., %	50-60	33-38	30-33	28-35
КДК мин., %	30-40	18-24	20-21	17-23
НСУ макс., %	20-30	35-41	34-38	38-42
Са, % дост.	0,22	0,46	0,20	0,24
-//- общ.	0,44	0,68	0,42	0,50
Р, % дост.	0,20	0,23	0,15	0,24
-//- общ.	0,23	0,40	0,23	0,35
Mg, %	0,12	0,38	0,10	0,40
С1, %	0,14	0,80	0,10	0,44
К, %	0,51	1,30	0,50	1,50
Na, %	0,10	0,18	0,08	0,13
S, %	0,20	0,30	0,20	0,20
Со, мг/кг	0,11	0,11	0,11	0,11
Си, мг/кг	12	13	10	16
Ј, мг/кг	0,4	0,4	0,3	0,4
Fe, мг/кг	13	13	16	26
Mn, мг/кг	17	18	15	22
Se, мг/кг	0,3	0,3	0,3	0,3
Zn, мг/кг	22	25	20	30
Витамин А, МЕ/кг	6000	8000	5000	8000
Витамин Д, МЕ/кг	1500	2000	1250	2000
Витамин Е, мг/кг	80	130	30	110
(Na+K)-(C1+S), мг экв/100г СВ	10	0-(-10)	5-10	-10(+10)
СВОК:СВК	100:0	70:30	90:10	65:35
Влажность корма, %	50-60	45-50	50-65	45-50

		1	2	3	4	5	6	7	8
Оценка кондиции	Баллы BCS	Остистые отростки спины	Остистые отростки к поперечным отросткам	Поперечные отростки	Округленность поясничных поперечно-реберных отростков (при заполненном рубце)	Маклоки и седлицильные бугры	Между маклоками и седлицильными буграми	Между маклоками	Корень хвоста (анатомические изменения)
Тощая	1.00	отростки в виде пилы	глубокая впадина	Сильно выступающие >1/2 видимой длины	выраженный выступ, худое	Очень острые, без тканевых покрытий	Резкая впадина, нет заполнения тканями	Резкие западины	Кости резко выступают, глубокая V-образная впадина под хвостом
	1.25								
	1.50								
Костяк ярко выражен, заметно выступает	1.75	просматриваются отдельные отростки спины	впадина просматривается	1/2 видимой длины отростков	явный выступ	выступающие			Кости выступают, U-образная впадина под хвостом
	2.00								
	2.25	отчетливо выступающий хребет		между 1/2 и 1/3 видимой длины					
	2.50			1/3-1/4 видим. длины	умеренный выступ				начальные признаки жировых отложений
	2.75								
Костяк хорошо сглаживается кожными покровами	3.00		плавная вогнутость	<1/4 видимой длины	слабый выступ	сглаженные	вогнутость	умеренно запашиные	кости сглажены, впадина под хвостом уменьшена, имеется жировая ткань
	3.25	сглаженный хребет отростки спины не просматриваются		отростки слегка видимы					
	3.50			просматриваются отдельные ребра, отростки не видны					
	3.75								
Костяк не просматривается	4.00	ровная спина никакие отростки не видны	почти ровный	гладкий, округлый хребет	нет выступа	покрыты жиром		ровное	кости скрыты под жиром, слабое жировое заполнение впадины под хвостом
	4.25								
	4.50			хребет едва просматривается					
Очень жирная кондиция	4.75								кости скрыты под жиром, впадина заполнена жиром, формируется округлость тела
	5.00	жирная спина	округлый (выпуклый)	жирная спина	выполненность бока			округлое	

This chart was developed by A.J. Edmondson, I.J. Lean, L.D. Weaver, T. Farver, and G. Webster. It is reproduced courtesy of the *Journal of Dairy Science*.

Перевод с англ. В.Г. Радчикова

Рисунок 41. Руководство по определению упитанности коров и нетелей

В начале лактации 0-21 дн. Необходимо, насколько это возможно, повысить концентрацию энергии и белка в СВ рациона с тем, чтобы снизить мобилизацию питательных веществ из жировой и мускульной тканей и, тем самым, уменьшить образование кетоновых тел. Рекомендуются, чтобы в этот период (0-21) концентрация энергии и сырого белка составляли соответственно 12–13 МДж и 170–180 г (17–18 %) в 1 кг СВ. В период 21-120 дн. (пик лактации), соответственно 11,5 МДж и 170–180 г (17–18 %), 120–220 дн. - 10,7 МДж и 160 г (16%).

Повышение концентрации энергии в рационах до 0-21 дн. лучше всего решать за счет кукурузы, полножирной экструдированной сои по 1–1,5 кг / корову в сутки, а также энергетических добавок, включающих говяжье и свиное сало, защищенный пальмовый жир. Растительные жиры - подсолнечное, соевое, рапсовое масла менее эффективны из-за высокого содержания непредельных жирных кислот. Погалают, тем не менее, что добавление на корову в сутки по 100–150 г растительного масла в период 0-21 дн., будет полезным.

**Белок и углеводы.** Эффективность синтеза микробного белка зависит от синхронности освобождения в рубце простых сахаров (глюкозы), с одной стороны, аммиака и аминокислот, с другой. Поэтому необходимо сочетать по скорости распадаемости белковые корма с углеводистыми. Зерновые отличаются по скорости ферментации в рубце в таком порядке: пшеница > ячмень > кукуруза > сорго. Быстро ферментируемой с бурным образованием молочной кислоты и ЛЖК является пшеница, медленно ферментируемыми - кукуруза и сорго. Поэтому на рационах с большим количеством пшеницы и ячменя больше риска возникновения ацидоза, чем на рационах с кукурузой и сорго. В европейских странах для снижения скорости ферментации пшеницу и ячмень обрабатывают паром в процессе плющения.

Высокое содержание белка с умеренной распадаемостью и хорошим аминокислотным составом в этот период обеспечивается за счет включения соевых жмыхов и шротов, кровяной муки, кукурузного глютена. В успешных хозяйствах используют сою высокотемпературной обработки (soy plus), сою-хлор с высоким уровнем нераспадаемого белка, а также защищенные от распада в рубце аминокислоты — метионин и лизин.

Основные белковые компоненты рационов РФ - подсолнечные жмыхи и шроты. Однако в отличие от соевых их белок имеет высокую распадаемость и низкое содержание лизина. Поэтому желательно в рационах сочетать подсолнечные белковые добавки с соевыми, или добавлять защищенный от распада в рубце лизин. По-видимому, оптимальный вариант, когда соотношение сырого белка за счет соевых и подсолнечных компонентов составляет (0,6:0,4) при таком же соотношении должны быть кукуруза : ячмень, или кукуруза: пшеница.

### **Соотношение объемистых и концентрированных кормов.**

Важным вопросом является регулирование оптимального соотношения в рационах между сухим веществом объемистых кормов (СВОК) и сухим веществом концентратов (СВК). Необходимо при этом иметь в рационе достаточное количество нейтрально детергентной клетчатки - НДК грубых кормов, которая стимулирует жвачку и слюноотделение. Следует также учитывать количество физически эффективной НДК (фЭНДК), которая определяется размером резки объемистых кормов. При наличии 40 % резки силоса длиной 8–18 мм, сена и сенажа - до 5 см, обеспечиваются нормальная жвачка и выделение слюны. В практических рационах коров с суточным надоем 38–45 кг молока оно составляет в период максимальной лактации 45–50% СВОК и 55–50% СВК.

**Регулирование рН рубцового содержимого.** В целях нормализации рН рубца и исключения риска заболевания коров ацидозом в рационы после отела 0-21 и 21-120 дн., как правило, вводятся буферные вещества: натрия бикарбонат (пищевая сода -  $\text{NaHCO}_3$ ) по 100–150 г на корову в день, окись магния ( $\text{MgO}$ ) по 30–50 г, в качестве источника кальция - мел или известняк ( $\text{CaCO}_3$ ) - по 150–200 г. Витаминно-минеральные премиксы являются постоянными компонентами рациона.

Помимо вышеназванных веществ для снижения активности молочно-кислых бактерий и образования избыточного количества молочной кислоты в рационы включают 20–30 г/гол/сутки дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Кислотно-щелочное равновесие, которое определяется разностью между суммой катионов ( $\text{Na} + \text{K}$ ) и анионов ( $\text{Cl} + \text{S}$ ), выраженной в миллиграмм-эквивалентах, в предотельный период должно быть отрицательным. Это достигается за счет включения в премиксы  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ . В остальные периоды лактации – отношение в пользу щелочных элементов  $\text{Na}$  и  $\text{K}$ .

## **Нормы питания и рационы для телят 0-3 мес. возраста**

От рождения до перевода на сухой корм в организме телят происходят важные физиологические и метаболические изменения. В предрубецовой период переваривание и обмен веществ сходны с таковыми, как у нежвачных животных. Пищевые потребности наилучшим путем обеспечиваются высококачественным жидким кормом (молоко или ЗЦМ), состоящим из хорошо усвояемых углеводов, белков и жиров. Самый ответственный период – это первые 2-3 недели жизни, во время, которого пищеварительная система пока еще находится в первоначальном состоянии, однако быстро развивается в повышении секреции и активности пищеварительных ферментов.

Телята молочных пород следует понуждать к потреблению стартерного корма в раннем возрасте, чтобы стимулировать развитие рубца, путем ограниченного потребления молока и ЗЦМ. Развитие эпителиального слоя в рубце, через который происходит всасывание летучих жирных кислот (ЛЖК), зависит от наличия в рубце ЛЖК и в частности масляной кислоты. Поэтому химический состав и физическая форма стартерного корма имеет важное значение. Стартер должен обладать легкоферментируемыми углеводами, но и иметь достаточное количество клетчатки, чтобы стимулировать микробную ферментацию, необходимую для развития и роста рубца. Рубец и его микробная популяция на этой стадии пока не развиты, поэтому переваримость целлюлозы недостаточная. Длинное сено не является эффективным по сравнению с концентратами в развитии рубца и ограничивает потребление энергии телятами. Тем не менее, скармливание стартерного корма, то ли в виде гранул, резки сена оптимального размера, экструдированного корма – является важным для стимулирования развития рубцовых сосочков, предотвращения уплотнения мелких частиц между сосочками.

Для телят характерны три фазы развития пищеварения, соответствующего им кормления и потребности в питательных веществах.

- Фаза жидкого кормления. Вся потребность в питательных веществах обеспечивается цельным молоком или его заменителем (ЗЦМ). Сохранение качества этих кормов обеспечивается функционированием пищеводного жолоба, который пропускает жидкий корм непосредственно в сычуг исключая, таким образом, его разрушение микробами в сетке и рубце.

- Переходная фаза. Жидкий корм и стартерный комбикорм – оба обеспечивают теленка питательными веществами.

- Рубцовая фаза. Теленок получает питательные вещества только из твердых кормов, в значительной мере благодаря микробной ферментации углеводов и белков в рубце.

## Потребность телят в энергии

Данные по потребности в энергии разработаны для ремонтных телят, которых кормят молоком и стартерным кормом (или ЗЦМ и стартером) до перевода в группу ремонтных телок в 3-х месячном возрасте. Количество жидкого корма (молоко или ЗЦМ) предоставляется ремонтным телятам в ограниченном количестве, чтобы побудить их к поеданию сухого корма (стартера).

Потребность в обменной энергии складывается из потребности на поддержание и потребности на прирост живой массы.

Потребность в ОЭ на поддержание:

- 0,436 МДж/кг<sup>0,75</sup> для телят ж.м. 30-50 кг на молоке или ЗЦМ и стартере. Доля молока в процентах потребляемого сухого вещества составляет 60%, доля сухого вещества стартера – 40%. Концентрация энергии – 17,4 МДж/кг СВ (молоко+стартер),

- 0,480 МДж/кг<sup>0,75</sup> для телят ж.м. 60-100 кг, на стартере, при 13 МДж ОЭ/кг СВ для телочек 60-80 кг и 12,1 МДж ОЭ/кг СВ для телочек ж.м. 90-100 кг.

Потребности ОЭ на среднесуточный прирост (ССП) живой массы:

$$\text{ОЭ}_{\text{ср}}(\text{Мкал})=[(0,84 \times \text{ЖМ}^{0,355} \times \text{ССП}^{1,2}) \times 0,69] / 0,652, \text{ где}$$

0,652 – коэффициент конверсии обменной энергии в чистую энергию для телят на молоке (ЗЦМ) и стартере.

Пример № 1. Расчет потребности в обменной энергии для телочки (ж.м. 50 кг), среднесуточный прирост 0,7 кг.

1) Метаболическая живая масса (кг):

$$\text{МЖМ}^{0,75} = 50^{0,75} = 18,8 \text{ кг}$$

2) Потребность ОЭ на поддержание (МДж/д):

$$\text{ОЭ}_{\text{нд}} = 0,436 \times 18,8 = 8,2 \text{ МДж}$$

3) Потребность ОЭ на ССП живой массы (Мкал):

$$\text{ОЭ}_{\text{ср}} = [(0,84 \times 50^{0,355} \times 0,7^{1,2}) \times 0,69] / 0,652 = [0,84 \times 4,01 \times 0,652 \times 0,69] / 0,652 = 1,515 / 0,652 = 2,324$$

4) Мкал переводим в МДж:  $2,324 \times 4,184 = 9,72 \text{ МДж}$

5) Общая потребность в ОЭ:  $8,2 + 9,72 = 17,92 \text{ МДж/д}$

Пример № 2. Расчет потребности в ОЭ для телки (ж.м. 100 кг), ССП – 0,8 кг.

1) Метаболическая живая масса (кг):  $\text{МЖМ}^{0,75} = 100^{0,75} = 31,6 \text{ кг}$

2) Потребность ОЭ на поддержание (МДж/д):

$$\text{ОЭ}_{\text{нд}} = 0,48 \times 31,6 = 15,2 \text{ МДж}$$

3) Потребность ОЭ на ССП живой массы (Мкал):

$$\text{ОЭ}_{\text{ср}} = [(0,84 \times \text{ЖМ}^{0,355} \times \text{ССП}^{1,2}) \times 0,69] / 0,57$$

$$OЭ_{\text{ссп}} = [(0,84 \times 100^{0,355} \times 0,8^{1,2}) \times 0,69] / 0,57 = 2,29 / 0,57 = 4,02$$

4) Мкал переводим в МДж:  $4,02 \times 4,184 = 16,8$  МДж

5) Общая потребность в ОЭ:  $15,2 + 16,8 = 31,9$  МДж/д

### Потребность в сыром белке

Потребность в сыром белке представляет сумму затрат на основной обмен (поддержание) и на отложение белка в среднесуточном приросте. Потребность на поддержание включает обязательные эндогенные потери с мочой и калом. Сначала рассчитывают потребность в переваримом белке по уравнению:

$$Пб(\text{г/д}) = 6,25 \times [1/\text{БЦ} \times (\text{Э}N_{\text{м}} + N_{\text{ссп}} + N_{\text{кл}} \times \text{СВ}) - N_{\text{кл}} \times \text{СВ}], \text{ где}$$

**Пб** – переваримый белок, (г/д)

**6,25** – азот-белковый фактор,

$\text{Э}N_{\text{м}}$  – эндогенный азот мочи, равный  $0,2 \text{ г/кг}^{0,75}$ , рассчитывается  $0,2 \times \text{жм}^{0,75}$ ,

$N_{\text{ссп}}$  – азот среднесуточного прироста, равный  $30 \text{ г/кг}$  прироста ж.м.,

$N_{\text{кл}}$  – метаболический (эндогенный) азот кала, равный  $1,9 \text{ г/кг}$  потребленного сухого вещества молока,  $3,3 \text{ г/кг}$  СВ стартерного комбикорма,

**БЦ** – биологическая ценность, равная для молока и ЗЦМ –  $0,80$

Пример № 1. Определение потребности в ПБ для телочки (ж.м.  $50 \text{ кг}$ ), ССП –  $0,7 \text{ кг}$

1)  $1/0,80 = 1,25$

2)  $\text{Э}N_{\text{м}} = 0,2 \times 50^{0,75} = 0,2 \times 18,8 = 3,76 \text{ г}$

3)  $N_{\text{ссп}} = 30 \times 0,7 = 21 \text{ г}$

4)  $N_{\text{кл}}$  – рассчитывают с учетом доли сухого вещества молока (ЗЦМ) и доли стартерного комбикорма. В данном примере на долю СВ молока (или ЗЦМ) приходится  $60\%$  СВ, на долю стартера  $40\%$  СВ. Выделение метаболического азота на  $1 \text{ кг}$  потребленного сухого вещества (молоко+стартер):

$$1,9 \times 0,6 + 3,3 \times 0,4 = 1,14 + 1,32 = 2,46 \text{ г}$$

Потребление СВ:  $1,04 \text{ кг/д}$

$$N_{\text{кл}} = 2,46 \times 1,04 = 2,56 \text{ г}$$

$$5) \text{ Пб}(\text{г/д}) = 6,25 \times [1,25 \times (3,76 + 21 + 2,56 \times 1,04) - 2,56 \times 1,04] = 6,25 \times [1,25 \times (24,76 + 2,66) - 2,66] = 6,25 \times [1,25 \times (27,42) - 2,66] = 6,25 \times (34,28 - 2,66) = 6,25 \times 31,62 = 198$$

б) Перевод переваримого белка в сырой белок проводится по коэффициентам переваримости  $0,90$  для молока (ЗЦМ) и  $0,80$  для стартера.

Расчет коэффициента переваримости рациона:

$$0,90 \times 0,6 + 0,80 \times 0,4 = 0,54 + 0,32 = 0,86$$

Потребность в сыром белке: СВ (г/д) =  $198 / 0,86 = 230$



В таблице 60 представлены нормы потребности в энергии и белке для телят от рождения до 50-60 кг ж.м. на рационах молоко или ЗЦМ + стартер № 1, в таблице 2 для отнятых от молока и ЗЦМ телят от 50-60 кг до 100 кг живой массы на рационе со стартером №2.

Таблица 60. Потребность в энергии и белке телят при выращивании на рационах молоко (ЗЦМ) + стартер

Живая масса, кг	Среднесуточный прирост, г	Потребление СВ, кг	ОЭ, МДж	Белок		Витамин А, М.Е.
				ПБ, г	СБ, г	
30	400	0,56	10,42	122	141	3300
35	400	0,61	10,67	125	145	3850
40	400	0,66	11,55	128	148	4400
	600	0,83	14,39	178	205	4400
45	400	0,71	12,38	130	151	4950
	600	0,88	15,36	180	209	4950
50	400	0,76	13,04	133	154	5500
	600	0,94	16,28	183	212	5500
	800	1,13	19,62	233	270	5500
55	400	0,80	13,93	135	157	6050
	600	0,99	16,97	185	215	6050
	800	1,18	20,63	236	273	6050
60	400	0,84	14,69	138	159	6600
	600	1,04	18,03	188	217	6600
	800	1,24	21,59	238	275	6600

Пример № 2. Расчет потребности в сыром белке для телочки (100 кг ж.м.) и среднесуточном приросте ж.м. 0,8 кг. Кормливание только стартером, БЦ стартера = 0,70. Конверсия СБ в ПБ = 0,73. Потребление СВ = 2,63 кг/д

1)  $1/0,73=1,37$

2)  $\text{ЭN}_m=0,2 \times 31,6=6,32 \text{ г}$

3)  $\text{N}_{\text{ссп}}=30 \times 0,8=24 \text{ г}$

4)  $\text{N}_{\text{кл}}=3,3 \times 2,63=8,68 \text{ г}$

5)  $\text{Пб(г/д)}=6,25 \times [1,37 \times (6,32+24+8,68 \times 2,63)-8,68 \times 2,63]=$   
 $=6,25 \times [1,37 \times (6,32+24+22,83)-22,83]=6,25 \times [1,37 \times (53,15)-22,83]=$   
 $=6,25 \times (72,8-22,83)=6,25 \times 50=312,5 \approx 313$

6) потребность в СБ:  $313/0,75=417 \text{ г/д}$

Окружающая температура влияет на потребность в энергии на поддержание. Термонейтральная зона для очень молодых телят 15-25°C. Когда температура на поддержание падает ниже 15°C, т.е. ниже критической, телята должны увеличить затраты энергии. Для более взрослых телят при более высоком потреблении корма более низкая критическая температура может быть даже от -0,5°C.

Таблица 61. Потребность в энергии и белке телят при выращивании на стартерном рационе без молока и ЗЦМ.

Живая масса, кг	Среднесуточный прирост, г	Потребление СВ, кг	ОЭ, МДж	Белок		Витамин А, М.Е.
				ПБ, г	СБ, г	
50	500	1,27	16,44	179	238	5500
	600	1,86	18,24	207	276	5500
60	500	1,41	18,24	185	246	6600
	600	1,56	20,21	213	284	6600
	700	1,71	22,22	241	322	6600
	800	1,87	24,27	269	359	6600
700	500	1,54	19,96	191	254	7700
	600	1,70	22,00	219	292	7700
	700	1,86	24,14	247	330	7700
	800	2,03	24,32	275	367	7700
80	500	1,66	21,59	196	262	8800
	600	1,83	23,77	225	300	8800
	700	2,00	25,98	253	337	8800
	800	2,18	28,24	281	375	8800
90	600	2,09	25,40	231	309	9900
	700	2,28	27,70	260	346	9900
	800	2,48	30,08	288	385	9900
	900	2,68	32,55	317	423	9900
100	600	2,22	27,00	237	316	11000
	700	2,42	29,37	265	354	11000
	800	2,63	32,48	294	392	11000
	900	2,84	34,39	323	430	11000

Таблица 62. Влияние температуры окружающей среды на потребность телят в ОЭ на поддержание

Окружающая температура	Потребность в ОЭ на поддержание, МДж/день		Увеличение затрат ОЭ на поддержание, %	
	от рождения до 3-х недель	> 3-х недель	от рождения до 3-х недель	> 3-х недель
20	7,32	7,26	0	0
15	8,24	7,26	13	0
10	9,22	7,26	27	0
5	10,20	8,24	40	13
0	11,18	9,23	54	27
-5	12,15	10,20	68	40
-10	13,13	11,18	86	54
-15	14,11	12,15	94	68
-20	15,09	13,13	108	81
-25	16,07	14,11	121	94
-30	17,00	15,09	134	107

Таблица 63. Рекомендации норм минеральных веществ и витаминов в ЗЦМ, стартерном комбикорме №1 для телят 30-50 кг ж.м. и стартерном комбикорме №2 для телят 60-100 кг ж.м. (% и мг в СВ) (NRC-2001)

Питательные вещества*	ЗЦМ**	Стартер 1	Стартер 2	Цельное молоко
Минералы:				
Ca (%)	1,00	0,70	0,60	0,95
P (%)	0,70	0,45	0,40	0,76
Mg (%)	0,07	0,10	0,10	0,10
Na (%)	0,40	0,15	0,14	0,38
K (%)	0,65	0,65	0,65	1,12
Cl (%)	0,25	0,20	0,20	0,92
S (%)	0,29	0,20	0,20	0,32
Fe (мг/кг)	100 <sup>c</sup>	50	50	3,0
Mn (мг/кг)	40	40	40	0,2-0,4
Zn (мг/кг)	40	40	40	15-38
Cu (мг/кг)	10	10	10	0,1-1,1
I (мг/кг)	0,50	0,25	0,25	0,1-0,2
Co (мг/кг)	0,11	0,10	0,10	0,004-0,008
Se (мг/кг)	0,30	0,30	0,30	0,02-0,15
Витамины:				
A (М.Е./кг СВ)	9000	4000	4000	11500
D (М.Е./кг СВ)	600	600	600	307
E (М.Е./кг СВ)	50	25	25	8

\*) Витамины группы В требуются только в ЗЦМ (мг/кг СВ): В<sub>1</sub>-6,5; В<sub>2</sub>-6,5; В<sub>6</sub>-6,5; В<sub>3</sub>-13; В<sub>5</sub>-10; биотин (В<sub>7</sub>)-0,1; фолиевая кислота – 0,5; В<sub>12</sub>-0,07; холин – 1000

\*\*) Концентрация ОЭ, МДж/кг СВ: ЗЦМ – 19,9; стартер № 1 – 13,7; стартер № 2 – 12,8; цельное молоко – 23,6.

### Рационы для телят до 3-х месячного возраста

В первые 4-5 дня жизни телятам выпаивают молозиво, богатое белком, иммуноглобулинами и лактоферрином. Последний является многофункциональным веществом, стимулирующим рост телят, формирование слизистой тонкого кишечника, синтез белков в печени и, как следствие, улучшающим всасывание в кишечнике и конверсию питательных веществ в организме телят.

Суточная норма выпойки молозива должна быть в 1-ый день в пределах 7%, во 2-ой – 8%, 3 и 4 дни – 10% от массы тела теленка. После молозива телят выпаивают молоком или разбавленным водой ЗЦМ до 13,0% СВ. Количество выпаиваемых молока или ЗЦМ определяют пользователи в зависимости от качества стартерного комбикорма. При высоком содержании белка и энергии в СВ стартера № 1 (таблицы 64, 65). Количество молока на выпойку можно ограничить до 150-180 кг (таблица 66).

Таблица 64. Состав стартера №1 для телят 0-2 мес. возраста (гранулы)

Ингредиенты	На основе кукурузы	На основе пшеницы
1	2	3
Молотая кукуруза	30	-
Молотая пшеница	-	40
Пшеничная мука	15	15
Рис полированный	2	2
Глютеиновый корм	13,96	1,12
Соевый шрот	15,00	13,91
Кукурузный глютен	11,93	15,06
Сухое молоко	4,00	4,00
Дрожжи пекарские сухие	2,00	2,00
Соль	0,20	0,20
Патока	1,00	1,00
Ди Са-Р	0,1	0,30
СаСО <sub>3</sub>	2,05	1,93
MgO	0,13	0,13
KCl	0,07	0,40
L-лизин (78%)	0,11	0,11
L-треонин (98%)	0,01	0,02
Бентонит	1,12	1,50
Неомицин	0,05	0,05
Терамицин	0,05	0,05
Витаминно-минеральный комплекс	1,22	1,22
Содержится:		
СВ, %	89,6	88,2
СБ, %	23,0	23,3
НДК	15,44	13,43
КДК	5,24	3,87
НСУ	38,84	41,63
Крахмал	25,60	25,00
Жир	3,65	2,54
Зола	7,30	6,55
Са	0,88	0,93
Р	0,50	0,54
ВЭ, МДж/кг СВ	19,75	19,41

Таблица 65. Состав стартера № 1 (гранулы)

Ингредиенты	Количество на базе СВ
Кукуруза экструдированная или паром обработанные хлопья, %	30
Ячмень или пшеница экструдированные или паром обработанные, %	16,5
Дрожжи сухие пекарские	2,0
Сухой молотый жом, %	20,0
Белковый концентрат молочной сыворотки (гранулы) (80% СВ)	2,5
Свекловичная меласса, %	6,5
БВМД*	22,5

Состав:	
СВ, %	84,84
ОВ, %	92,65
ОЭ, МДж /кг	13,00
СБ, %	20,90
НДК, %	18,39
КДК, %	10,03
КДНСБ, %	3,16
Лигнин, %	0,56
НСУ, %	52,115
Жир, %	4,38
Са, %	1,25
Р, %	0,74
К, %	1,14
Mg, %	0,41
Na, %	0,16
Cl, %	0,81
S, %	0,37
Zn, мг/кг	153,0
Cu, мг/кг	18,5
Mn, мг/кг	130
Менонзин, мг/кг	30

\* Состав БВМД, %: высококачественная рыбная мука – 20; мясная мука – 2%; соевый изолят – 61,2; кукурузный глютен (70%) – 9,1; мел – 1,80; ди-кальций фосфат – 4,10; NaCl – 0,55; MgO – 0,55; сернокислый цинк – 0,018; сернокислый марганец – 0,01; селенит натрия – 0,0003; йодистый калий – 0,0008; витамин А – 25000 МЕ; витамин Д – 5000 МЕ; витамин Е – 80 мг.

Продолжение таблицы 6  
Таблица 66. Схема кормления телят с ограниченным количеством молока или ЗЦМ

Возраст	Молоко или ЗЦМ, кг	Концентрат
1-4 дн.	Молозиво	-
5-10 дн.	4,0	вволю стартер № 1
11-28 дн.	4,5	вволю стартер № 1
29-38 дн.	Снижение и прекращение молока	вволю стартер № 1
до 13 недель	Без молока	до 2,5 кг стартер № 2

Примеры заменителей цельного молока представлены в таблице 67, 68. Продаваемые на рынках ЗЦМ, как правило, содержит 20% белка и 17-18% жира в сухом веществе. Это значительно ниже их содержания в сухом веществе молока: 25-27% белка и 28-30% жира. Опыты показали, что на ЗЦМ с уровнем белка 28% (таблица 67) телята растут быстрее и меньше болеют. Необходимо контролировать содержание аминокислот в ЗЦМ и стартере (таблица 68).

Таблица 67. Состав ЗЦМ с уровнем белка 20 и 28%

Компоненты, % СВ	20% Б	28% Б
Белковый концентрат из молочной сыворотки (34 %СВ)	49,27	63,49
Сухой жир 7/60	33,45	25,00
Сухая молочная сыворотка	12,23	0,00
Витамино-минеральный комплекс, АК премикс <sup>x</sup>	2,50	2,50
Соль	0,36	0,31
Белковый концентрат из молочной сыворотки (75%СВ)	-	6,40
Дикальций фосфат	2,19	2,30
Содержится:		
СВ, %	96,72	96,61
ОЭ, МДж/кг	19,90	19,80
СБ, %	20,58	28,02
Жир, %	20,92	16,72
Зола, %	7,64	6,10
Са, %	1,56	1,26
Р, %	0,83	0,80
К, %	0,75	0,63
Mg, %	0,14	0,13

<sup>x</sup> Витамин-минеральный премикс содержит в 1 кг: лизин 62 г, метионин 52 г, холин-хлорид 19,8 г, витамин А 4408 тыс М.Е., витамин Д 3882 тыс. М.Е., витамин Е 13,2 тыс М.Е., витамин К 264 мг, витамин С 4,4 мг, тиамин 176 мг, рибофлавин 441 мг, пантотеновая кислота 1437 мг, ниацин 1322 мг, пиридоксин 441 мг, биотин 4,4 мг, фолиевая кислота 33 мг, витамин В<sub>12</sub> 3,5 мг, Mg – 12,8 г, Mn – 2204 мг, Fe – 4281 мг, Cu – 970 мг, Co – 44,1 мг, Zn – 3800 мг, J – 176 мг, Se – 119 мг.

Таблица 68. Оптимальное содержание питательных веществ в ЗЦМ и стартере для телят, % СВ

Показатели	ЗЦМ	Стартер №1	Показатели	ЗЦМ	Стартер №1
Сухое вещество, %	96,1	87,5	Аргинин, %	0,71	1,31
ОЭ, МДж/кг СВ	20,5	14,0	Гистидин, %	0,56	0,51
СБ, %	27,0	20,8	Изолейцин, %	1,55	0,80
СЖ, %	17,5	4,3	Лейцин, %	2,76	1,61
Зола, %	6,7	6,5	Фенилаланин, %	0,85	0,97
Са, %	0,85	0,86	Тирозин, %	0,73	1,93
Р, %	0,64	0,61	Валин, %	1,55	0,94
Лизин, %	2,41	1,02	СБ, г/МДж ОЭ	13,2	14,9
Триптофан, %	0,44	0,23	Суточное потребление:		
Метионин, %	0,75	0,37	1-28 дн, кг/д	0,62	0,20
Цистин, %	0,26	0,34	29-56 дн, кг/д	-	1,82
Треонин, %	1,63	1,44			

Таблица 69. Стартер № 2 для телят 2-3 мес. возраста

Корма	% по массе	Содержится в 1 кг стартера	
Пшеница (дёрть)	24,0	Объемная энергия, МДж	12,2
Кукуруза (дёрть)	15,0	Сырой протеин, г	182,0
Ячмень(дёрть)	25,0	Сырая клетчатка, г	38,0
Соя экстрадированная	10,0	НДК, г	134
Жмых (шрот) соевый	15,0	КДК, г	52
Моно Са-Р	1,0	Сырой жир, г	40,0
Мел (известняк)	1,8	Са, г	8,7
Премикс для телят 0-6 мес.	1,0	Р, г	6,2
Соль	0,4	NaCl, г	4,0
Кукуруза (цельное зерно)	6,8	Марганец, мг	40
Итого	100,0	Кобальт, мг	0,5
Содержится в 1 кг стартера		Селен, мг	0,5
Витамин Д <sub>3</sub> , М.Е.	1500	Цинк, мг	40
Витамин Е, М.Е.	40	Иод, мг	0,5
Лизин, г	9,5	Железо, мг	25,0
Метионин+цистин, г	6,1	Витамин А, М.Е.	7500
Треонин, г	6,0		

## Нормы питания и рационы для ремонтных телок

На основе обобщения имеющихся в научной литературе данных по составу тела растущих телок на рисунках 1 и 2 представлено отложение белка и жира в кг среднесуточного прироста живой массы после голодной выдержки (ССПЖМ г.в.). Под голодной выдержкой считается нахождение животных без корма и воды в течение 12 часов ночного периода. Живая масса животных после голодной выдержки равна 0,96 живой массы кормящихся. Например, живая масса 600 кг коровы, после голодной выдержки будет равна  $600 \times 0,96 = 576$  кг. Среднесуточный прирост так же рассчитан по живой массе после голодной выдержки. Так, среднесуточный прирост живой массы голодной выдержки 0,8 кг будет равен полному приросту без учета голодной выдержки:  $0,8 / 0,96 = 0,833$  кг.

Данные по отложению жира и белка в среднесуточном приросте позволяют с помощью факториального метода рассчитать суточную потребность телок и нетелей в энергии и белке.

Потребность в энергии определяют факториальным методом, суммируя потребность на поддержание, на отложение в приросте жира и белка:

$$\text{ОЭ (МДж/гол/д)} = \text{ОЭпд} + \text{ОЭЖ} + \text{ОЭБ}, \text{ где}$$

ОЭпд – обменная энергия поддержания, равная 0,58 МДж/кг ЖМг.в.<sup>0,75</sup>;

ОЭЖ – обменная энергия, затраченная на отложение жира в среднесуточном приросте живой массы голодной выдержки (ССПЖМг.в.);

ОЭБ – обменная энергия, затраченная на отложение белка в ССПЖМг.в..

Полное уравнение расчета потребности в ОЭ (МДж/гол/д):

$$\text{ОЭ} = 0,58 \times \text{ЖМг.в.}^{0,75} + (0,0393 \times \text{Ж} + 0,0232 \times \text{Б}) / 0,395, \text{ где}$$

0,0393 – энергетическая ценность 1 г жира (МДж),

0,0232 – энергетическая ценность 1 г белка (МДж);

0,393 – коэффициент трансформации обменной энергии рациона в чистую энергию жира и белка в приросте живой массы (ARC, 1991).

Пример. Расчет потребности в энергии для ремонтной телки 300 кг ЖМг.в. и ССПЖМг.в. 0,8 кг.

1) Метаболическая живая масса =  $300 \text{ кг}^{0,75} = 72,1$  кг г.в.

2) ОЭподдержания =  $0,58 \times 72,1 = 41,8$  МДж

3) По наклонной на рис. 1 и 2 находим, что в 1 кг прироста у телки ж.м. 300 кг откладывается 212 г жира, и 176 г белка, в среднесуточном приросте 0,8 кг, отложение в теле составит: жира  $212 \times 0,8 = 170$  г и белка  $176 \times 0,8 = 141$  г.



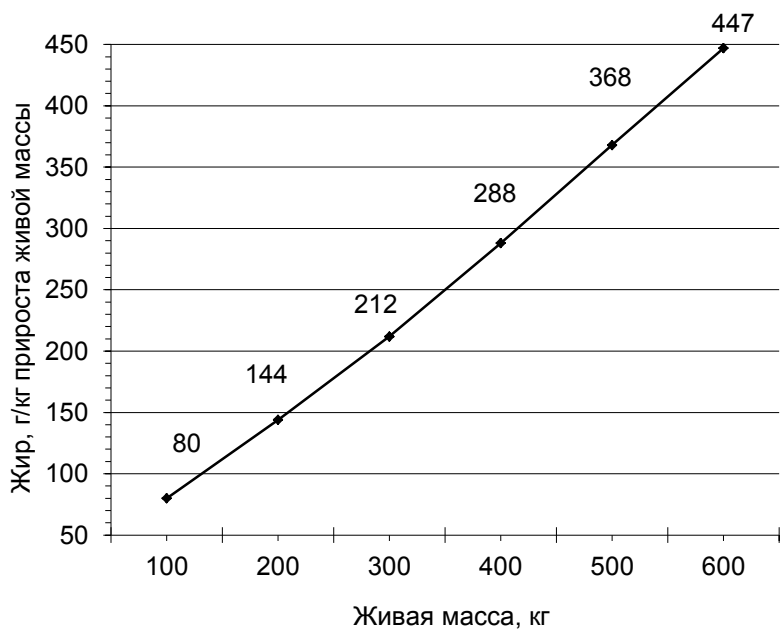


Рисунок 42. Отложение жира в 1 кг прироста живой массы ремонтных телок молочных пород

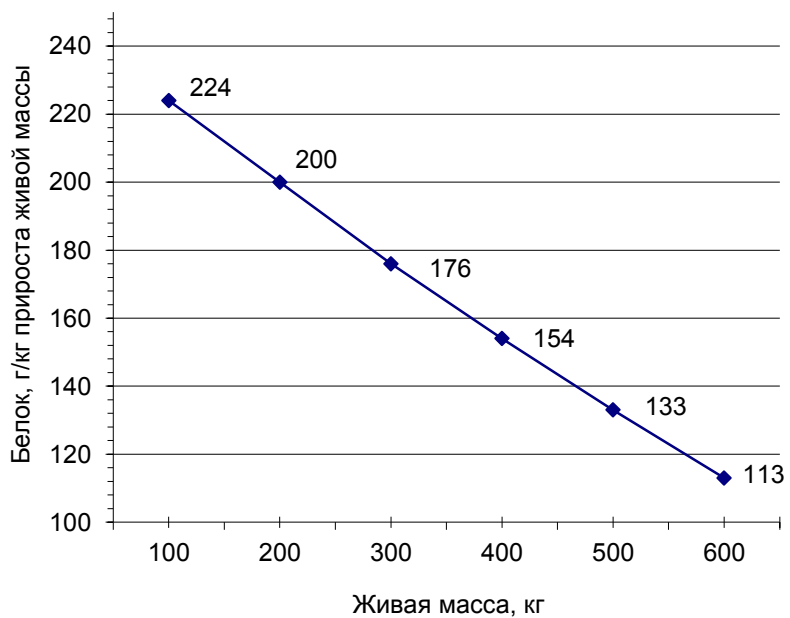


Рисунок 43. Отложение белка в 1 кг прироста живой массы ремонтных телок молочных пород

Следовательно, потребность в обменной энергии составит:  $OЭспМДж/д=41,8+(0,0393 \times 170+0,0232 \times 141)/0,395=41,8(6,68+3,27)/0,395=41,8+25,2=67$

Таблица 70. Поправочные коэффициенты к нормам потребности в энергии в зависимости от температуры окружающей среды и состояния кожного покрова телок

Температура окружающей среды, °С	-1,1°С			-12°С			-23°С		
Состояние кожного покрова <sup>x</sup>	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Скорость ветра м/сек.:									
0,4	1,17	1,25	1,41	1,37	1,64	1,90	1,74	2,07	2,39
4,4	1,33	1,52	1,70	1,80	2,04	2,27	2,26	2,50	2,84

<sup>x</sup> Волосистой и кожный покров: 1- сухой и чистый, 2 – не сильно грязная нижняя часть тела, 3 – сырое и грязное.

### Потребность в белке

Потребность в сыром белке складывается из потребности на поддержание и потребности на отложение белка в среднесуточном приросте.

Затраты чистого белка на поддержание включают:

1) эндогенные потери белка тела в результате его обновления в процессе жизнедеятельности. Конечные продукты распада белка выделяются с мочой в виде азота мочевины, креатинина, аммиака и др.. Кроме того, значительное количество эндогенного белка выделяется пищеварительным трактом в составе слущивающегося эпителия слизистых ротовой полости, пищевода, преджелудков и сычуга, тонкого кишечника, а так же пищеварительных соков, микробов и др. По рекомендациям ARC (Англия) эндогенные выделения с мочой и калом составляют 0,35 г N/кг ЖМ<sup>0,75</sup>, в пересчете на белок 2,19 г/кг<sup>0,75</sup> (0,35×6,25=2,19). Эндогенные затраты белка в виде перхоти, пота, потери волос составляют 0,1125 г/кг<sup>0,75</sup>. Следовательно, общие эндогенные затраты белка составляют 2,3025 г/кг ЖМ<sup>0,75</sup>. Отложение чистого белка в приросте живой массы определяет по наклонной на рисунке 1. Чтобы рассчитать затраты сырого белка (СБ) на отложение чистого белка (ЧБ) в среднесуточном приросте живой массы и на эндогенные затраты чистого белка используют коэффициенты конверсии СБ, в ЧБ, которые для телок с разной живой массой составляют: 0,41 – 150 кг ж.м.; 0,39 – 200 кг; 0,38 – 250 кг; 0,36 – 300 кг; 0,35 – 350 кг; 0,34 – 400 кг.

Пример. Расчет суточной потребности сырого белка для ремонтной телки ЖМг.в. – 300 кг (полная живая масса 300/0,96=312 кг): среднесуточный прирост ЖМг.в.=0,8 кг

1) Метаболическая живая масса:  $300^{0,75}=72,1$  кг

2) Потребность в эндогенном чистом белке(г/д):  $2,3025 \times 72,1=166$

3) На рисунке 1 находим отложение белка в приросте телки:  
 $176 \times 0,8 = 141 \text{ г}$

4) Общие затраты эндогенного белка и белка отложенного в приросте:  $166 + 141 = 307$

5) Используя коэффициент конверсии СБ в ЧБ – 0,36 находим, что потребность в сыром белке телки живой массой 300 кг составляет:  
 $307 / 0,36 = 853 \text{ г/день}$

Таблица 71. Потребность ремонтных телок средних пород (айрширы, красная степная) в питательных веществах (на основе СВ) на голову в день и % СВ (вес взрослой коровы 550 кг)

ж.м., кг	ССП, кг/день	ПСВ, кг/день	ОЭ		РРБ, %	НРБ, %	СБ, %	Са, %	Р, %
			МДж/день	МДж/кг СВ					
100	0,5	3,1	28,0	9,0	9,3	5,7	15,0	0,68	0,32
	0,6	3,1	29,3	9,4	9,6	6,7	16,3	0,81	0,39
	0,7	3,1	30,5	9,8	10,0	7,7	17,7	0,90	0,40
	0,8	3,1	31,8	10,2	10,4	8,6	19,0	1,0	0,42
150	0,5	4,1	37,2	9,1	9,2	3,9	13,1	0,55	0,26
	0,6	4,2	38,7	9,2	9,4	4,5	13,9	0,63	0,28
	0,7	4,2	40,2	9,5	9,7	5,2	14,9	0,70	0,30
	0,8	4,2	41,6	9,9	10,0	5,9	15,9	0,75	0,36
200	0,5	5,1	46,0	9,0	9,1	2,9	12,0	0,46	0,23
	0,6	5,2	47,7	9,2	9,3	3,0	12,3	0,52	0,24
	0,7	5,2	49,8	9,5	9,5	3,5	13,0	0,57	0,26
	0,8	5,2	51,5	9,9	9,8	4,0	13,8	0,64	0,28
250	0,5	6,1	54,4	8,9	9,2	2,1	11,3	0,41	0,21
	0,6	6,1	56,5	9,3	9,4	2,4	11,8	0,46	0,23
	0,7	6,2	58,6	9,4	9,6	2,8	12,4	0,50	0,24
	0,8	6,3	61,1	9,7	10,0	3,1	13,1	0,55	0,26
300	0,5	7,0	62,3	8,9	9,1	1,6	10,7	0,38	0,20
	0,6	7,0	64,8	9,3	9,5	1,8	11,3	0,42	0,22
	0,7	7,1	67,4	9,5	9,7	2,5	12,2	0,46	0,23
	0,8	7,1	70,3	9,8	10,0	2,6	12,6	0,48	0,24
350	0,5	8,0	71,2	8,9	9,0	1,8	10,8	0,35	0,18
	0,6	8,1	73,7	9,1	9,3	1,9	11,2	0,39	0,20
	0,7	8,2	76,3	9,3	9,5	2,0	11,5	0,42	0,23
	0,8	8,3	79,7	9,6	9,8	2,2	12,0	0,46	0,24

Обозначения: ССП – среднесуточный прирост живой массы (кг), ПСВ – потребление сухого вещества (кг/д), РРБ – распадаемый в рубце белок (% СВ), НРБ – нераспадаемый в рубце белок (% СВ), СБ – сырой белок (% СВ).

Таблица 72. Потребность ремонтных телок в питательных веществах (на основе СВ) на голову/день и % СВ (вес взрослой коровы 650 кг) NRC-2001

ж.м., кг	ССП, кг/д	ПСВ, кг/д	ППВ, %	ОЭ		РРБ,%	НРБ, %	СВ,%	Са,%	Р,%
				МДж/д	МДж/кг СВ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
150	0,5	4,1	58,4	36,0	8,8	8,9	4,1	13,0	0,56	0,27
	0,6	4,1	60,0	37,6	9,2	9,2	4,8	14,0	0,65	0,29
	0,7	4,2	61,7	38,9	9,3	9,4	5,5	14,9	0,71	0,31
	0,8	4,2	63,7	40,2	9,6	9,7	6,2	15,9	0,79	0,36
	0,9	4,2	65,3	41,4	9,9	10,0	6,9	16,9	0,88	0,38
200	0,5	5,1	58,4	44,8	8,8	8,9	2,9	11,9	0,47	0,24
	0,6	5,1	60,0	46,4	9,1	9,2	3,4	12,6	0,53	0,25
	0,7	5,2	61,7	48,1	9,3	9,4	4,0	13,4	0,58	0,27
	0,8	5,2	63,4	49,8	9,6	9,7	4,5	14,2	0,65	0,29
	0,9	5,2	65,3	51,5	9,9	10,0	5,0	15,0	0,71	0,33
	1,0	5,2	67,2	53,1	10,2	10,3	5,5	15,8	0,77	0,35
250	0,5	6,0	58,4	52,7	8,8	8,9	2,2	11,1	0,42	0,22
	0,6	6,1	60,0	54,8	9,0	9,2	2,6	11,8	0,46	0,23
	0,7	6,1	61,7	56,9	9,8	9,4	3,0	12,4	0,51	0,25
	0,8	6,2	63,4	59,0	9,5	9,7	3,4	13,1	0,55	0,26
	0,9	6,2	65,3	61,1	9,9	10,0	3,7	13,7	0,60	0,27
	1,0	6,2	67,2	62,8	10,1	10,3	4,1	14,4	0,65	0,29
300	0,5	6,9	58,4	60,7	8,8	8,9	1,7	10,6	0,39	0,20
	0,6	6,9	60,0	63,2	9,2	9,2	2,0	11,2	0,43	0,22
	0,7	7,0	61,7	65,3	9,3	9,4	2,3	11,7	0,47	0,23
	0,8	7,1	63,4	67,8	9,5	9,7	2,6	12,3	0,49	0,24
	0,9	7,1	65,3	69,9	9,8	10,0	2,9	12,9	0,54	0,25
	1,0	7,1	67,2	72,0	10,1	10,3	3,2	13,5	0,58	0,27
350	0,5	7,7	58,4	67,8	8,8	8,9	1,3	10,2	0,36	0,19
	0,6	7,8	60,0	70,7	9,1	9,2	1,5	10,7	0,40	0,21
	0,7	7,9	61,7	73,6	9,3	9,4	1,8	11,2	0,43	0,22
	0,8	7,9	63,4	76,1	9,6	9,7	2,0	11,7	0,47	0,23
	0,9	8,0	65,3	78,7	9,8	10,0	2,3	12,3	0,50	0,24
	1,0	8,0	67,2	81,2	10,1	10,3	2,5	12,8	0,53	0,25
400	0,5	8,5	58,4	75,3	8,9	8,9	1,0	9,9	0,35	0,19
	0,6	8,6	60,0	78,2	9,1	9,2	1,2	10,4	0,38	0,20
	0,7	8,7	61,7	81,2	9,3	9,4	1,4	10,9	0,40	0,21
	0,8	8,8	63,4	84,1	9,6	9,7	1,6	11,3	0,43	0,22
	0,9	8,8	65,3	86,6	9,8	10,0	1,8	11,8	0,47	0,23
	1,0	8,8	67,2	89,5	10,2	10,3	2,0	12,3	0,50	0,24

Таблица 73. Потребность ремонтных телок в НСУ, НДК, КДК, минеральных веществах и витаминах (к нормам в таблицах 2,3.) в расчете на СВ рациона (NRC-2001)

Вещества	3-6 мес.	6-12 мес.	12-18 мес.	Вещества	3-6 мес.	6-12 мес.	12-18 мес.
НДК, % мин.,	30-33	30-33	30-33	S, %	0,2	0,2	0,2
КДК, % мин.,	20-21	20-21	20-21	Со, мг/кг	0,11	0,11	0,11
НСУ, % макс.,	34-38	34-38	34-38	Си, мг/кг	10	10	9
Са <sub>дост.</sub> , %	0,22	0,21	0,12	I, мг/кг	0,27	0,30	0,30
Са <sub>общ.</sub> , %	0,41	0,41	0,37	Fe, мг/кг	43	31	13
Р <sub>дост.</sub> , %	0,19	0,15	0,10	Mn, мг/кг	22	20	14
Р <sub>общ.</sub> , %	0,28	0,23	0,18	Se, мг/кг	0,3	0,3	0,3
Mg, %	0,11	0,11	0,08	Zn, мг/кг	32	27	18
Сl, %	0,11	0,12	0,10	Витамин А, МЕ/кг СВ	3076	3380	3185
К, %	0,47	0,48	0,46	Витамин Д, МЕ/кг СВ	1154	1268	1195
Na, %	0,08	0,08	0,07	Витамин Е, МЕ/кг СВ	31	34	32

Таблица 74. Рацион для ремонтных телок в возрасте 3-6 месяцев, ж.м. 96-177 кг, с.с. прирост 900 г.

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	1,50	27,5	0,52	14,2
Сенаж люц.	0,70	12,8	0,29	7,9
Сено люц.	0,35	6,4	0,29	7,9
Ячмень	0,40	7,3	0,35	9,5
Кукуруза	1,00	18,3	0,88	23,3
Отруби	0,30	5,5	0,26	7,1
Жмых соевый	0,50	9,2	0,45	12,3
Жмых подсолн.	0,45	8,3	0,41	11,2
БВМД для телят 0-6 мес.	0,21	3,9	0,18	5,0
Соль	0,022	0,4	0,02	0,5
Мел	0,022	0,4	0,02	0,4
Итого	5,45	100	3,67	100

Содержится в рационе:

	На гол/сут	Норма	В 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	3,67	3,60	-	-
ОЭ, МДж	40,0	39,6	10,9	11,0
СП, г	620	549	169	165
НРП, г	172	173	47	48
РП, г	448	421	122	117
СК, г	46	45	12,5	12,5
Са, г	25,7	25,2	7,0	7,0
Р, г	16,5	14,4	4,5	4,0
NaCl, г	14,7	14,4	4,0	4,0

Рационы для других возрастных групп ремонтных телок представлены в приложениях 11, 12, 13.

## Нормы питания и рационы для свиней

Для выживания на внутреннем и мировом рынках необходимо на свиноводческих фермах и комплексах достичь следующих показателей:

- норма оплодотворенных маток - свыше 90%;
- более 2,2 опоросов на свиноматку в год;
- не менее 20 выращенных поросят на свиноматку в год;
- конверсия корма по всему поголовью 3,3-3,5 кг/кг прироста живой массы;
- содержание постного мяса (мышечного мяса без подкожного сала) не менее 58%;
- толщина шпига - менее 15 мм.

Затраты на корма составляют 70%, или самую большую долю, в структуре затрат на производство свинины. Поэтому кормление в направлении повышения конверсии корма и улучшения качества продукции является основной задачей свиноводства. Чтобы её решить, нужна эффективная нормативная база потребности свиней в питательных веществах. Важно, чтобы специалистам и простым фермерам, не имеющим специального образования, было понятно, на каких принципах построены нормы потребности, что берется в основу тех или других затрат энергии, белка, аминокислот и т.д. Понимание метода образования норм позволяют творчески их применять в конкретных хозяйственных условиях.

### **Факториальный метод определения потребности свиней в энергии, переваримых (доступных) аминокислотах, идеальном белке**

Нормы энергии и аминокислот складываются из следующих потребностей:

- а) поддержание (основной обмен), включающий затраты на сохранение постоянства температуры тела, работу скелетных мышц, внутренних органов, обновление белков тела животных;
- б) образование продукции (прирост живой массы в виде отложенного белка, жира; у свиноматок, кроме того, – образование приплода, молока);
- в) затраты на условия содержания (температура в помещениях), площадь для размещения животных.

### **Потребность в энергии растущих свиней**

**Потребность на поддержание.** В среднем на поддержание растущих свиней требуется 523 кДж ОЭ на кг ж.м.<sup>0,75</sup>. Зная метаболиче-

скую массу рассчитывают суточную потребность в энергии на поддержание с помощью инженерного калькулятора (табл. 75).

$$ОЭ_{\text{пл}}(\text{кДж/д}) = 523 \times \text{Ж.М.}^{0,75}$$

**Потребность на продукцию.** Продукцией растущих свиней является мясо, которое состоит из воды, белка, жира и минеральных веществ. Энергия необходима на синтез белка и жира. Исследованиями установлено, что на отложение 1 г белка требуется 50,2 кДж, на 1 г жира 56,5 кДж обменной энергии кормов. Отложение белка и жира в среднесуточном приросте свиней установлено путем анализа измельченных до фарша туш с удаленным содержимым желудочно-кишечного тракта и мочи, в разные возрастные периоды. Для свиней мясного типа СМ-1, ландрас, дюрок, пьетрен и их помесей отложение белка и жира представлено на рис. 44 и 45, которые используют для определения среднесуточного отложения белка и жира у свиней разной живой массы, при среднесуточном приросте в период 10-30 кг жм – 600 г, в период 30-100 кг жм – 900 г.

Таблица 75. Потребность в энергии на поддержание

Живая масса		Суточная потребность	
Натуральная, кг	Метаболическая, кг <sup>0,75</sup>	ккал	МДж
5	3,34	418	1,75
10	5,62	703	2,94
20	9,46	1182	4,95
30	12,82	1602	6,70
40	15,91	1988	8,32
50	18,80	2350	9,83
60	21,56	2695	11,27
70	24,20	3025	12,66
80	26,75	3344	13,99
90	29,22	3653	15,28
100	31,62	3953	16,54
110	33,97	4246	17,76
120	36,26	4532	18,96

Следовательно, суммируя потребность на поддержание, суточное отложение белка и жира в теле свиней, рассчитывают суточную потребность растущих свиней в обменной энергии по уравнению:

$$ОЭ_{\text{гол/сут}} = 523 \text{ кДж} \times \text{ж.м.}^{0,75} + 56,2 \text{ кДж} \times \text{Ж} + 50,2 \text{ кДж} \times \text{Б},$$

где  $\text{ж.м.}^{0,75}$  - метаболическая живая масса, кг;

**Ж** - количество жира, отложенного в среднесуточном приросте, г;

**Б** - количество белка, отложенного в среднесуточном приросте, г.

Нормы потребности, рассчитанные этим методом, даны в таблице 78.

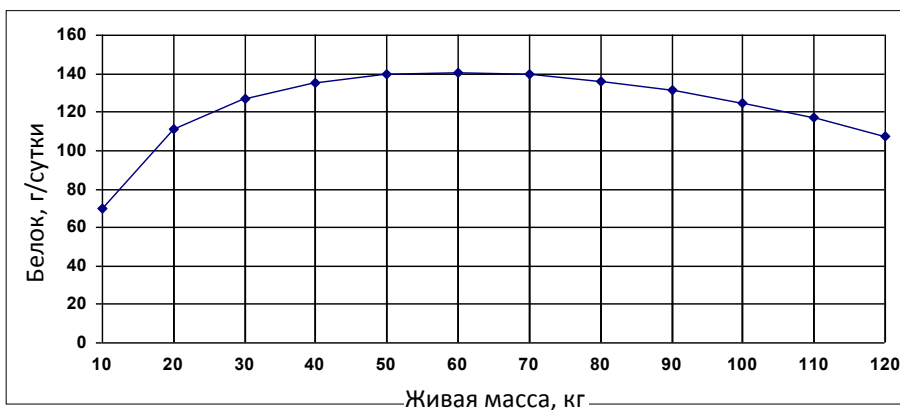


Рисунок 44. Отложение белка в среднесуточном приросте

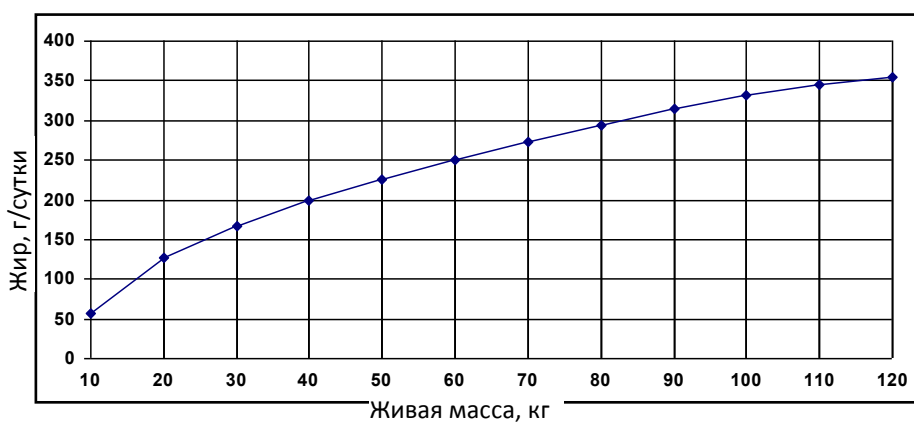


Рисунок 45. Отложение жира в среднесуточном приросте свиней

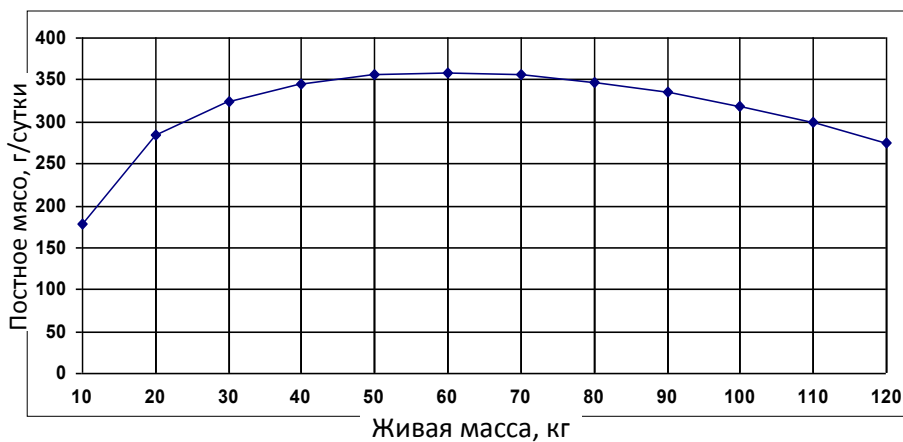


Рисунок 46. Среднесуточный прирост постного мяса (ПМ)



## Потребность хрячков и свинок

Нормы энергии и аминокислот усреднены для обоих полов свинок и хрячков, хотя они различаются по продуктивности. Свинок поедают меньше корма на 10-12% и привесы у них ниже на 8-9%. В то же время выход постного мяса и площадь мышечного глазка у свинок на 3 и 7% соответственно выше. Поэтому необходимо это учитывать. В период 50-120 кг живой массы для свинок концентрация белка, лизина и, соответственно, остальных аминокислот в корме должна быть на 5-7% выше, чем у боровков.

### Влияние температуры окружающей среды на потребность в энергии

При перепадах температуры в свинарниках ниже или выше критической необходимо делать поправку к потребности в энергии. Критической температурой ( $T_{кр}$ ) является точка, ниже которой у животных возрастает теплопродукция, чтобы поддерживать постоянство температуры тела (температурный гомеостаз). Для свиней живой массой 25-100 кг она находится на уровне 18-20°C. Свиньям массой 25- 60 кг требуется дополнительно 25 г комбикорма (335кДж ОЭ) в сутки на каждый 1°C ниже критической; свиньям 60-100 кг - 39 г (515кДж ОЭ) в сутки. При повышении температуры выше критической потребление корма будет снижаться на 1,7% на каждый 1°C, превышающий верхний уровень  $T_{кр}$ , поэтому делают поправку корма на те же величины. При групповом содержании при наличии подстилки критическая температура снижается до 17-18°C.

### Действие физической активности на затраты энергии

Дополнительные затраты энергии растущих свиней составляют 7 кДж ОЭ/кг жм на каждый км прогулки, например, для 50 кг свиньи дополнительно требуется 350 кДж ОЭ. Затраты энергии на теплопродукцию в результате стояния на ногах повышаются на 29 кДж на кг жм<sup>0,75</sup> на каждые 100 минут. Затраты энергии на процесс поедания корма определены в размере от 100 до 146 кДж ОЭ на кг потребленного корма.

Свиноводы уделяют особое внимание производству постного мяса (ПМ) (fat free lean gains – прирост безжировой ткани), как наиболее пользующемуся спросом на рынке. В период откорма от 20 до 120 кг мясные кроссы показывают среднесуточный прирост ПМ 350 г и более.

В наших исследованиях помеси крупная белая × СМ-1 при откорме от 30 до 100 кг достигали прироста 322-325 г ПМ в сутки. Количество постного мяса у помесей СМ-1 × ландрас в период откорма от 18 до 120 кг составляло 325-340 г в сутки (рис. 46).

Пользователи сами могут рассчитать отложение белка и жира в среднесуточных приростах на основе данных обвалки туш свиней в разные возрастные периоды и сделать расчеты потребности в энергии и корме. По количеству постного мяса (ПМ) и сала в туше рассчитывают среднесуточный прирост отложенного белка и жира (содержание белка в постном мясе – 21,5%, жира в сале – 90%).

Количество белка, отложенного в приросте всего тела свиней, можно рассчитать по среднесуточному отложению ПМ по формуле P.Bikker и др. (1996):

$$Б = ПМ / 2,55 ,$$

где **Б** – количество белка в среднесуточном приросте свиней, г;

**ПМ** – среднесуточный прирост постного мяса, г.

Например, суточное отложение ПМ у 40 кг свиньи составило 340 г, общее отложение белка в целой туше:  $340/2,55=133$  г. Проверьте по рисункам 44 и 46.

### **Потребность в белке и переваримых(доступных) аминокислотах**

Белок необходим животным не сам по себе, а как источник аминокислот. Поэтому в свиноводстве более важным является контроль и балансирование рационов по количеству аминокислот, чем по количеству белка.

В отечественных рекомендациях нормы потребности свиней даны по общему количеству аминокислот в кормах. Современное свиноводство перешло на оценку кормов и нормирование потребности по переваримым (доступным) аминокислотам как более эффективные. Метод определения переваримости по разнице между количеством аминокислот в корме и количеством аминокислот в кале не позволяет получать точные показатели из-за разрушительного воздействия микроорганизмов на остатки аминокислот в толстом отделе кишечника. Поэтому переваримость определяют по разнице между количеством аминокислот, потребленным с кормом и выделенным в непереваренных остатках содержимого терминальной части подвздошной кишки – илеуме (лат. - ileum). В этом участке, граничащем с толстым отделом, уже не происходит переваривания белка, поскольку оно завершилось раньше в тощей кишке. Этот метод получил название, как метод определения «**илеальной переваримости**» и выполняется на оперированных свиньях с Т-образной канюлей, установленной в терминальной части подвздошной кишки на границе с толстой кишкой.

Чтобы определить **истинную илеальную переваримость (ИИП)**, необходимо от количества аминокислот в илеальном содержимом вычесть количество эндогенных аминокислот, которые присутствуют в составе слущивающегося кишечного эпителия и остатках пи-

щеварительного сока. Эндогенные аминокислоты чаще всего определяют при скормливании безбелкового рациона или рациона, в котором белок представлен 5-7% казеинового гидролизата. Без учета эндогенных аминокислот получают показатели **кажущейся илеальной переваримости (КИП)**. Если потребность определили по общему количеству аминокислот в рационе, то нормы потребности выражают в **общих аминокислотах**.

При отсутствии данных по содержанию ИИП аминокислот остается действенным нормирование по общему их количеству. В приложении 17 представлены данные по содержанию общих и ИИП аминокислот.

### **Идеальный белок как основа определения потребности в аминокислотах**

Идеальным белком считается белок, в котором содержание каждой из незаменимых аминокислот точно соответствует их потребности без избытка и недостатка, при этом в оптимальном соотношении между ними. К идеальным белкам можно отнести белки молока, тела и плода свиней. С учетом исследований по определению норм аминокислот в таблице 76 представлен уточненный состав идеального белка.

Таблица 76. Содержание и соотношение незаменимых аминокислот в теле, плоде, молоке свиньи и идеальном белке (лизин = 100)

Аминокислоты	Тело свиней		Тело плода		Свиное молоко		Идеальный белок (протеин)	
	г / 100 г белка	соотношение	г / 100 г белка	соотношение	г / 100 г белка	соотношение	г / 100 г белка	Соотношение
Лизин	7,1	100	6,8	100	7,2	100	7,1	100
Метионин	2,1	30	2,1	31	2,1	29	2,3	32
Метионин + цистин	3,5	49	3,5	52	3,8	53	4,2	59
Триптофан	1,3	18	1,2	18	1,3	18	1,3	18
Треонин	3,9	55	3,7	54	4,3	60	4,6	65
Изолейцин	3,7	52	3,3	49	4,4	61	4,0	57
Лейцин	7,6	107	7,5	110	8,1	112	7,1	100
Аргинин	6,7	94	6,7	98	4,9	68	2,8	40
Гистидин	2,6	37	2,8	41	2,5	35	2,2	31
Валин	4,8	68	4,9	72	4,9	68	4,8	68
Фенилаланин	3,8	54	4,0	59	3,5	49	3,9	55
Фенилаланин + тирозин	6,5	92	7,0	103	6,8	94	6,9	97

По физиологической роли незаменимые аминокислоты нельзя делить на более и менее важные, т. к. каждая из них играет свою роль в биосинтезе белков и физиологических реакциях организма животных. Чаще всего недостающей (первой лимитирующей) в рационах свиней

является лизин. Поэтому за основу при разработке норм аминокислот берется лизин. Суточная потребность в лизине складывается из потребности на поддержание (основной обмен) и синтез белка (продуктивный обмен).

Основной обмен включает затраты лизина на обновление белков органов и тканей, сущность которого состоит в постоянно протекающих процессах распада устаревших и синтеза новых молекул белка. В эти затраты также входит расход аминокислот на замену белков слущивающегося эпителия желудочно-кишечного тракта, мочеполовой системы, кожи, линьку волос и др. Кроме того, лизин расходуется на образование некоторых биологически активных веществ, в частности, карнитина, играющего большую роль в обмене энергии.

### **Расчет потребности в незаменимых аминокислотах факториальным методом**

На основе анализа данных отечественных и зарубежных авторов затраты ИИП лизина на поддержание составляют 136 мг/кг жм<sup>0,75</sup>. При расчете затрат лизина на синтез белка в среднесуточном приросте учитывают:

а) содержание лизина в белке тела свиней, которое составляет в среднем 7 г/100 г белка или 0,07 г/ 1г белка;

б) коэффициент использования ИИП лизина на синтез белка тела свиней по данным исследований равняется 0,7 (70%). В расчете на 1 г отложенного белка требуется 0,1 г ИИП лизина (0,07/0,7).

Суточную потребность в ИИП лизине выражают уравнением:

$$Л = 0,136 \times ЖМ^{0,75} + 0,1 \times Б, \text{ где}$$

*Л* – потребность в ИИП лизине, г/сутки;

*0,136* – затраты ИИП лизина на поддержание, г/кг жм<sup>0,75</sup>;

*ЖМ<sup>0,75</sup>* – метаболическая живая масса, кг;

*Б* – количество белка в суточном приросте, г.

Количество откладываемого белка в среднесуточном приросте можно определить по графику (рис. 44) или по суточному отложению постного мяса (рис. 46).

Определив потребность в ИИП лизине, рассчитывают потребность в остальных незаменимых аминокислотах по их соотношению к лизину, взятому за 100 в идеальном белке (табл. 77).

Пример определения потребности в ИИП аминокислотах для поросят : живая масса 13-25 кг, средняя - 19 кг. Метаболическая живая масса: жм<sup>0,75</sup>=19<sup>0,75</sup>=9,1 кг. Потребность в ИИП лизине на поддержание: Л<sub>пд</sub>=0,136×9,1=1,24 г.

По графику (рис. 44) определяют отложение белка в среднесуточном приросте свиней ж.м. 19 кг, оно составляет 111 г.

Потребность в ИИП лизине на отложение белка:

$$L_6=0,1 \times 111=11,1 \text{ г}$$

Общая потребность в ИИП лизине:  $1,24+11,1=12,34 \text{ г}$

Потребление комбикорма этими поросятами составляет 1,18 кг/гол/сути (см. табл. 78). Следовательно, потребность в ИИП лизине/кг комбикорма:

$$12,34/1,18=10,45 \text{ г (1,05\%)}$$

Потребность в остальных незаменимых ИИП аминокислотах рассчитывают по их соотношению к лизину в идеальном белке в процентах натурального корма (87-90% СВ):

$$\text{Метионин: } 1,05 \times 0,32=0,34$$

$$\text{Мет.+цист.: } 1,05 \times 0,59=0,62$$

$$\text{Триптофан: } 1,05 \times 0,18=0,19$$

$$\text{Треонин: } 1,05 \times 0,65=0,69$$

$$\text{Изолейцин: } 1,05 \times 0,57=0,60$$

$$\text{Лейцин: } 1,05 \times 1,0=1,05$$

$$\text{Аргинин: } 1,05 \times 0,40=0,42$$

$$\text{Гистидин: } 1,05 \times 0,31=0,33$$

$$\text{Валин: } 1,05 \times 0,68=0,71$$

$$\text{Фенилаланин: } 1,05 \times 0,55=0,58$$

$$\text{Фен.+тир.: } 1,05 \times 0,97=1,02$$

Такие же расчеты делают для свиней разных возрастов и живой массы.

Нормы потребности в ИИП и общих аминокислотах для растущих свиней, рассчитанные по их соотношению в идеальном белке представлены в таблице 78.

В нашей модели принято, что ИИП каждой незаменимой аминокислоты составляет в среднем 85% от общего их содержания в кормах. Эта величина получена при определении ИИП аминокислот в основных зерновых кормах, подсолнечных и соевых жмыхах и шротах (Головко Е.Н., 2010). Поэтому для расчета потребности в общих аминокислотах потребность в ИИП аминокислотах делят на 0,85. Разработанные на этом принципе нормы усреднены для обоих полов – свинок и хрячков. Они в полной мере соответствуют нормам, получаемым в ростовых опытах методом возрастающих добавок аминокислот.

Суточную потребность каждой аминокислоты рассчитывают, исходя из суточной нормы корма (см. табл. 78). Например, потребность свиней 25- 48 кг в ИИП лизине составляет 0,83%. Это означает, что в кг комбикорма должно быть 8,3 г ИИП лизина. Суточная норма корма - 1,85 кг, следовательно, общая потребность в ИИП лизине будет равна:  $8,3 \text{ г} \times 1,85 = 15,36 \text{ г}$ . Суточная потребность в общем лизине составит:  $9,8 \text{ г} \times 1,85 = 18,13 \text{ г}$ . Подобным методом определяют суточную потребность каждой аминокислоты.

Таблица 77. Потребность растущих свиней в энергии и аминокислотах (натуральный корм, 87-90% сухого вещества)

Живая масса, кг	1,4-5,5	5,5-13	13-25	25-48	48-74	74-100	100-112
ОЭ, МДж/кг	20,9***	14,6	13,8	13,6	13,6	13,6	13,4
ОЭ, МДж/сутки	4,9	8,0	16,3	24,8	32,7	38,4	43,3
Комбикорм, кг/день	0,23	0,55	1,18	1,85	2,4	2,86	3,23
Сырой белок	28	22	20	18	15	13,5	12,5
Сырая клетчатка	-	2,0	3	4	4	4,5	4,5
NaCl, %	0,50	0,50	0,40	0,35	0,35	0,30	0,30
ИИП аминокислоты, % натурального корма*							
Лизин	1,70	1,31	1,05	0,83	0,71	0,60	0,50
Метионин	0,51	0,42	0,34	0,27	0,23	0,19	0,16
Мет. + цист**	0,90	0,77	0,62	0,49	0,42	0,35	0,30
Триптофан	0,31	0,24	0,19	0,15	0,13	0,11	0,09
Треонин	1,02	0,85	0,68	0,54	0,46	0,39	0,33
Изолейцин	1,04	0,75	0,60	0,47	0,40	0,34	0,29
Лейцин	1,90	1,31	1,05	0,83	0,71	0,60	0,50
Аргинин	1,16	0,52	0,42	0,34	0,28	0,24	0,20
Гистидин	0,60	0,41	0,33	0,27	0,22	0,19	0,16
Валин	1,16	0,89	0,71	0,56	0,48	0,41	0,34
Фенилаланин	0,83	0,72	0,58	0,46	0,39	0,33	0,28
Фен. + тир.**	1,60	1,27	1,02	0,81	0,69	0,58	0,49
Общие аминокислоты, % натурального корма							
Лизин	2,00	1,54	1,24	0,98	0,83	0,71	0,59
Метионин	0,60	0,49	0,40	0,31	0,27	0,23	0,19
Мет. + цист.**	1,06	0,90	0,73	0,58	0,49	0,42	0,35
Триптофан	0,36	0,28	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11
Треонин	1,20	1,00	0,81	0,64	0,54	0,46	0,38
Изолейцин	1,22	0,88	0,71	0,56	0,47	0,40	0,34
Лейцин	2,23	1,54	1,24	1,00	0,83	0,71	0,59
Аргинин	1,36	0,61	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24
Гистидин	0,71	0,48	0,39	0,30	0,26	0,22	0,18
Валин	1,36	1,05	0,84	0,67	0,57	0,48	0,40
Фенилаланин	0,98	0,85	0,68	0,54	0,46	0,39	0,32
Фен. + тир.* *	1,88	1,49	1,20	0,95	0,81	0,69	0,57
Идеальный белок, %	28,0	20,6	17,5	14,3	11,6	9,9	8,3

\* Нормы аминокислот рассчитаны на концентрацию энергии и количество корма, как указано в данной таблице.

\*\* Цистин может составлять 56% суммы метионин+цистин; тирозин может составлять 50% суммы фенилаланин + тирозин.

\*\*\* Нормы для поросят 1-20 дней рассчитаны на основе аминокислотного состава свиного молока.

Помимо незаменимых, животным для нормального роста необходимы и заменимые аминокислоты. Суточная потребность в заменимых аминокислотах выше, чем в незаменимых. Для организма свиней оптимальным соотношением суммы незаменимых аминокислот к сумме

заменимых является 1:1,22. Потребность в белке – это ни что иное, как сумма потребностей незаменимых (НАК) и заменимых аминокислот (ЗАК), которая может представлять собой идеальный белок: 1 НАК+1,22 ЗАК, где общее количество ЗАК=1,22 НАК. Количество идеального белка существенно ниже количества сырого белка (табл. 77).

Нормы в период 90-180-дневного возраста рассчитаны на среднесуточный прирост живой массы 800-900 г, в котором на долю постного мяса приходится 300-350 г.

### Отношение лизин: энергия

При составлении рационов необходимо контролировать отношение лизин : энергия, которое при любых вариантах рационов должно соответствовать нормам. В связи со сложившейся кормовой базой в конкретных производственных условиях, концентрация энергии в килограмме комбикорма может не соответствовать вышеприведенным нормам. Однако количество лизина в расчете на один мегаджоуль необходимо выдержать в соответствии с нормативами (табл. 78).

Например, для свиней живой массой 25-48 кг при норме обменной энергии 13,6 МДж/кг в условиях хозяйства содержится меньше 12,6 МДж/кг. Чтобы обеспечить свиней нормативным количеством энергии 24,8 МДж/день норму комбикорма необходимо увеличить до 1,97 кг/гол/день вместо 1,85 кг по нормам ( $24,8 : 12,6 = 1,97$ ). Суточная абсолютная потребность в ИИП и общем лизине - 15,36 г ( $8,3 \times 1,85$ ) и 18,13 г ( $9,8 \times 1,85$ ), соответственно, сохраняется в соответствии с нормами потребности, но в процентах будет ниже. При концентрации энергии 12,6 МДж/кг потребность в ИИП лизине в расчете на 1кг корма составит 7,8 г ( $15,36 : 1,97$ ) (0,78% вместо 0,83% по норме) и 9,20 г общего лизина ( $18,13 : 1,97$ ) (0,92% вместо 0,98% по норме). В то же время отношение ИИП и общий лизин: энергия в этом случае останется на уровне норм: 0,62 г/МДж ( $7,8 : 12,6 \text{ МДж} = 0,62$ ) и 0,73 г/МДж ( $9,20 : 12,6 = 0,73$ ) соответственно. В таком же порядке изменяется содержание остальных незаменимых аминокислот, сохраняя соотношение к лизину, принятому за 100.

Таблица 78. Нормы отношения лизин: энергия

Живая масса свиней, кг	1,4-5,2	5,5-13	13-25	25-48	48-74	74-100	100-112
ИИП лизин, г/МДж	0,86	0,89	0,76	0,62	0,52	0,44	0,37
Общий лизин, г/МДж	1,00	1,05	0,90	0,73	0,62	0,52	0,44

Если в рацион вводят жир и обменная энергия 1 кг корма повысится, например, до 14,6 МДж, то потребление корма должно снизиться до 1,7 кг/гол/день ( $24,8 : 14,6 = 1,7$  кг), т.е. на 0,15 кг меньше ( $1,85 - 1,7 = 0,15$ ), при этом потребление энергии на голову в день сохранится на

том же уровне:  $14,6 \times 1,7 = 24,8$  МДж. Общее количество лизина должно быть таким же как при потреблении 1,85 кг корма, а именно ИИП лизина – 15,36 г, общего – 18,13. Однако, концентрация ИИП лизина повысится соответственно с повышением концентрации энергии и должна составлять 0,90% ( $15,36:1,7 = 9,00$  г/кг корма), общего лизина 1,07% ( $18,13:1,7 = 10,7$  г/кг корма). В то же время, соотношение ИИП и общий лизин: энергия сохраняется на уровне норм:  $9:14,6 = 0,62$  и  $10,7:14,6 = 0,73$ . Соответственно необходимо повысить концентрацию белка, остальных незаменимых аминокислот, витаминов, минералов.

### **Определение норм энергии и аминокислот зоотехником в условиях свинофермы**

В соответствии с предлагаемой моделью нормирования сам пользователь может составить нормы в энергии и незаменимых аминокислотах в конкретных условиях свинофермы. Например, на ферме живая масса свиней составляет от 26 до 48 кг (в среднем - 37 кг). Метаболическая живая масса будет равна 15 кг ( $37^{0,75} = 15$ ). Потребность в обменной энергии на поддержание:  $523 \text{ кДж} \times 15 = 7845 \text{ кДж}$  (7,85 МДж). По графику (рис. 1) определяют количество отложенного белка в среднесуточном приросте свиней массой 37 кг. Оно соответствует 133 г. Следовательно, потребность в обменной энергии на отложение белка составит:  $50,2 \text{ кДж} \times 133 = 6677 \text{ кДж}$  (6,68 МДж). По графику (рис. 2) количество жира составит 188 г. Потребность в энергии на отложение жира будет равна:  $56,2 \text{ кДж} \times 188 = 10566 \text{ кДж}$  (10,6 МДж). При отклонении температуры от комфортной делают поправку потребности на поддержание. Суммарная потребность в ОЭ, МДж/гол/сут =  $7,85 + 6,68 + 10,6 = 25,1$  МДж. Зная норму концентрации энергии в кг комбикорма (табл. 2), определяют суточную норму комбикорма  $25,1 : 13,6 = 1,85$  кг.

Потребность в ИИП лизине складывается из потребности на поддержание и синтез белка. На поддержание требуется  $0,136 \text{ г} \times 15 = 2,04$  г. На отложение белка  $0,1 \text{ г} \times 133 = 13,3$  г. Суммарная потребность в ИИП лизине составит  $2,04 + 13,3 = 15,34$  г. В расчете на 1 кг комбикорма  $15,34:1,85 = 8,29$  г (0,83%). Пользуясь таблицей соотношения аминокислот в идеальном белке, где лизин = 100, рассчитывают суточную потребность в каждой из остальных незаменимых аминокислотах, а также в г/кг комбикорма, как это показано в разделе «Расчет потребности в незаменимых аминокислотах факториальным методом».

### **Ранний отъем поросят**

Главная цель раннего отема – увеличение количества опоросов и поросят от свиноматки. Этот прием стал неотъемлемым звеном в технологической цепи производства свинины. Многие хозяйства практикуют отъем в 21 дневном возрасте. Перед отъемом поросяток сосет молоко у



матери 24 раза в сутки. Это – пища жидкая и хорошо усваивается. В сухом веществе молока содержится 35% жира, 30% белка и 25% лактозы. Поросята привыкают есть в одно и то же время и только тогда, когда свиноматка похрюкиванием подзывает их к сосанию.

Поросенок рождается со слабым сопротивлением к болезням и, кроме того, он не может хорошо регулировать свою температуру, так как у него мало подкожного жира. Пищеварительная система мало вырабатывает амилалитических и протеолитических ферментов. При 21 дн. отъеме важно создать комфортные условия: температура 24°C, отсутствие сквозняков, наличие свежего, при необходимости, подогретого воздуха. Для поросят, отнимаемых в 7-10 дн., температура 32°C. Указанные температуры должны быть на уровне пола. После отема рекомендуется матку убрать в другое помещение, а поросят оставить в том же самом станке, чтобы не вызвать стресс. Желательно не смешивать пометы.

Преходный адаптивный период, чаще всего, длится 1-2 недели. Особое внимание в это время уделяется составу стартерного корма, он должен включать очень питательные корма. Соевый шрот может вызывать у поросят аллергию, которая проявляется поносом, плохим аппетитом, прекращением роста. В переходный период корма поросятам дают вволю путем частых порций до 6-8 раз в день. Это самый сложный период.

Приучение к сухому корму следует начинать с 5-7 дня, когда поросенок еще сосет матку. Для этого в кормушку с плоским дном и невысокими бортиками кладут щепотки очень питательной смеси, наподобии искусственного молока для детского питания. Если поросята проявляют интерес и съедают этот корм, то с каждым днем к этой смеси добавляют менее дорогие компоненты – кукурузный крахмал, высококачественную рыбную муку, глютенный порошок + лизин + триптофан. Рекомендуется также начать приучение с жидкого корма, типа болтушки, хотя эта технология сопряжена с необходимостью тщательной гигиены. Поросята быстрее приучаются, когда вода предоставляется в открытых, а не в ниппельных поилках.

Успех раннего отъема зависит, прежде всего, от качества стартерных рационов. Как правило, в первый - второй дни после отъема поросята неохотно поедают корм. Но затем они адаптируются к условиям без матери, хорошо поедают корм и быстро растут. Престартерный корм (21-40 дней) должен включать хорошо переваримые, вкусные компоненты: сухой обрат (15-20%) или сухую молочную сыворотку (25-30%), рыбную муку (6-8%), сухую плазму крови (2-3%), экструдированные кукурузу или пшеницу, глюкозу или лактозу, жир, витаминные и минеральные премиксы. Состав стартерного комбикорма (табл. 79)

Таблица 79. Комбикорм-стартер для поросят, отнятых от маток в 21 дн. возрасте

Компоненты	Масс %	Содержится в комбикорме	
Кукуруза экструдированная	32,2	Триптофан общий, %	0,29
Сухая молочн. сыворотка	20,0	Триптофан ИИП, %	0,26
Свинная сух. плазма крови	9,0	Са, %	0,90
Рыбная мука (высш. кач-ва)	6,0	Р общий, %	0,66
Соя полножир. экструдир.	12,0	Р доступный, %	0,52
Лактоза	15,0	Витамин А, МЕ/кг	12000
Сало-лярд	3,0	Витамин D <sub>3</sub> , МЕ/кг	1200
Вит. микроэл. премикс	1,0	Витамин Е, мг/кг	40
Мел	1,1	Витамин К <sub>3</sub> , мг/кг	3
Моно-Са-Р	0,1	Витамин В <sub>2</sub> , мг/кг	8
Соль (NaCl)	0,5	Витамин В <sub>12</sub> , мкг/кг	30
Метионин	0,1	Холин-хлорид, мг/кг	300
		Биотин, мг/кг	0,08
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	Фолиевая кислота, мг/кг	1,0
		Витамин РР (В <sub>5</sub> ), мг/кг	30,0
		Содержится в комбикорме	
Обменная энергия, МДЖ/кг	14,7	Са-пантотенат (В <sub>3</sub> ), мг/кг	20,0
Сырой белок, %	22,0	Fe, мг/кг	150
Сырая клетчатка, %	1,3	ZnO, г/кг	3
Лизин общий, %	1,45	Mn, мг/кг	50
Лизин ИИП, %	1,30	I, мг/кг	0,3
Метионин+цистин общ., %	0,87	Se (через селплекс), мг/кг	0,3
Метионин+цистин ИИП, %	0,78	Cu, мг/кг	25
Треонин общий, %	0,98	Co, мг/кг	0,3
Треонин ИИП, %	0,86		

В стартерных рационах (41-60 дней) дачу молочных кормов, рыбной муки можно сократить наполовину (рацион в приложении 19)

### Свиноматки

**Кормление свиноматок.** Продуктивность и продолжительность жизни свиноматок в значительной степени определяются резервами жировой и мускульной массы. Общепринятым методом кормления супоросных маток является регулирование живой массы и упитанности на уровне средней. Современные свинки мясного типа к моменту случки обычно моложе, чем свинки мясосального типа. Кроме того, они более фертильны и производят больше молока. Считается важным, чтобы свинки мясного типа при живой массе около 130 кг до первой случки имели толщину шпика не менее 18 мм.

Потребность супоросных маток в энергии и аминокислотах будет изменяться в зависимости от живой массы, состояния упитанности, ожидаемого прироста самой матери и приплода в период супоросности. Как худые, так и ожиревшие матки плохо оплодотворяются, дают слабый приплод, у них недостаточная молочность.

Таблица 80. Система оценки кондиции (упитанности) свиноматок

Группы кондиции	Признаки
1. Тощая	Бёдра и позвоночник рельефно (выражено) выступают
2. Худая	Бёдра и позвоночник легко прощупываются при слабом надавливании ладонью
3. Средняя	Бёдра и позвоночник слегка прощупываются при сильном надавливании ладонью
4. Выше средней	Бёдра и позвоночник не прощупываются
5. Жирная	Бёдра и позвоночник совершенно скрыты

Таблица 81. Норма комбикорма для маток и свинок с учетом их кондиций (упитанности) в период супоросности

Дни супоросности	Группа кондиции	Матки, кг/сут.	Свинки, кг/сут.
1 - 4	Все группы	2	1,8
5 - 36	1	3,6 - 4,5 (4)	3,4 - 4,3 (3,9)
	2	2,7	2,5
	3	2,3	2,1
	4	2,0	1,8
	5	2,0	1,8
37 - 74	1-2	2,3	2,1
	3-5	2,0	1,8
75 - 113*	1-2	3,2	3,0
	3-5	2,7	2,5
114 - 115*	Все группы	1,5	1,5

\* Начиная с 75-го дня супоросности необходимо давать комбикорм для периода 75-115 дней (см. табл. 82, 83).

Поэтому маток после опороса и случки необходимо оценить по упитанности, которая определяется по признакам, представленным в таблице 80, и кормить их по схеме, представленной в таблице 81: тощих и худых – на усиленное кормление, жирных и слишком жирных – на ограниченное, с тем, чтобы к 36-му дню супоросности и те и другие имели упитанность, близкую к средней.

**Кормление супоросных свинок.** Свинки на момент первого покрытия (осеменения) физиологически не являются взрослыми, поэтому нуждаются в таком кормлении, которое обеспечит хороший рост, как самой свинки, так и развитие приплода в период супоросности. Недостаточный прирост матки приводит к низкой живой массе после лактации, удлиняет период прихода в охоту. Но и избыточное ожирение не должно иметь места, так как ожиревшие свинки плохо поедают корм в период лактации, дают мало молока, теряют массу, быстро выбраковываются. Считается, что при оптимальном кормлении свинки должны давать прирост 25 кг живой массы за каждую 1-4 супоросности.

Рекомендации Россельхозакадемии 2003 по кормлению основаны на едином по концентрации питательных веществ рационе в течение

всего супоросного периода. При этом рекомендуется в период 84-112 дней увеличить суточную норму того же самого корма на 15-20%. Такая программа кормления проста и удобна. Однако оптимальное кормление супоросных маток должно быть более гибким, нормы питательных веществ в полной мере соответствовать потребностям, как для роста самой матери, так и развития приплода. Например, в Голландии рекомендуется, начиная с 85-го дня супоросности скармливать свиньям комбикорм, состав которого сбалансирован по нормам для лактирующих маток.

### **Двухфазное нормирование свиноматок в период супоросности**

Необходимость двухфазного нормирования в период супоросности доказана исследованиями на специализированных мясных свинках живой массой 150 кг. Свинок по 5-6 голов убивали в разные сроки беременности: 0, 45, 60, 75, 90, 102 и 112 дней и изучали прирост и химический состав внутренних органов, мышечной и жировой тканей матери, плодов, последа, плодных оболочек и околоплодной жидкости. Суммарный прирост сухого вещества, белка и жира за счет самой матери и плодной части в начальный период супоросности 0-74 дней составил (г/день): 88,8; 39,8; 46,6 г, во второй период (75-112 дней) - 225,7; 103,4 и 121,0 г соответственно.

Проведенные факториальным методом расчеты потребности в энергии, корме и лизине на базе этих данных показали, что для свинок живой массой 150 кг (на момент случки) в период 0-74 дн. супоросности требуется в день 24 МДж обменной энергии; 1,911 кг натурального комбикорма; 9,61 г (0,5%) ИИП и 11,3 г (0,59%) общего лизина. Свинок в период 75-115 дней супоросности существенно больше, соответственно, 34,1 МДж; 2,72 кг комбикорма; 16,7 г (0,6%) ИИП и 19,64 г (0,72%) общего лизина. Увеличение концентрации аминокислот и белка в рационе во вторую фазу способствует увеличению доли белка в приросте и ограничению ожирения матки.

### **Нормы потребности свиноматок в энергии и незаменимых аминокислотах по фазам супоросности (факториальный метод)**

При определении норм питательных веществ для супоросных маток мясного типа (СМ-1, ландрас, дюрок, йоркшир и их помесей) факториальным методом исходят из следующих показателей: а) потребность в обменной энергии на поддержание  $469 \text{ кДж/кг жм}^{0,75}$ ; б) на 1 г отложенного белка 50,2 кДж; в) на 1 г отложенного жира 56,5 кДж; г) потребность в лизине: на поддержание -  $0,136 \text{ г/кг жм}^{0,75}$ ; д) на 1 г прироста белка в теле матери и плодной части - 0,1 г.

На этой основе нормы энергии и аминокислот разработаны для 2-х фаз кормления: 0-74 дн. и 75- 115 дн. супоросного периода (таблица 82, 83).

Комбикорма для двух фаз кормления супоросных маток даны в приложениях 24, 25.

Таблица 82. Потребность свиноматок в энергии и незаменимых аминокислотах в период 0-74 дн. супоросности (натуральный корм, 87-90% СВ)

Живая масса при случке, кг	125	150	175	200	200	200
Прирост живой массы, кг	16	13,5	12	10	9	10
Ожидаемый приплод, гол.	10	11	12	12	12	14
ОЭ, МДж/кг	12,55	12,55	12,55	12,55	12,55	12,55
ОЭ, МДж/день	23,0	24,58	26,78	28,23	27,89	28,34
Норма корма, кг/день	1,83	1,96	2,11	2,25	2,22	2,26
Сырой белок (протеин), %	13,3	12,4	12,0	11,6	11,3	11,6
Сырая клетчатка, %**	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
NaCl, %	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40

ИИП аминокислоты, % натурального корма

Лизин	0,51	0,47	0,46	0,44	0,43	0,44
Метионин	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14
Метионин+цистин***	0,30	0,28	0,27	0,26	0,25	0,26
Триптофан	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Треонин	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,29
Изолейцин	0,29	0,27	0,26	0,25	0,25	0,25
Лейцин	0,51	0,47	0,46	0,44	0,43	0,44
Аргинин	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,18
Гистидин	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,14
Валин	0,35	0,32	0,31	0,30	0,29	0,30
Фенилаланин	0,28	0,26	0,25	0,24	0,24	0,24
Фенилаланин+тирозин***	0,49	0,46	0,45	0,43	0,42	0,43

Общие аминокислоты, % натурального корма

Лизин	0,60	0,56	0,54	0,52	0,51	0,52
Метионин	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16	0,17
Метионин+цистин***	0,35	0,33	0,32	0,31	0,30	0,31
Триптофан	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
Треонин	0,39	0,36	0,35	0,34	0,33	0,34
Изолейцин	0,34	0,32	0,31	0,30	0,29	0,30
Лейцин	0,60	0,56	0,54	0,52	0,51	0,52
Аргинин	0,24	0,22	0,22	0,21	0,20	0,21
Гистидин	0,19	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16
Валин	0,41	0,38	0,37	0,35	0,35	0,35
Фенилаланин	0,33	0,31	0,30	0,29	0,28	0,29
Фенилаланин+тирозин***	0,58	0,54	0,52	0,50	0,49	0,50

\* Нормы аминокислот рассчитаны в соответствии с концентрацией энергии и количеством корма, как указано в данной таблице.

\*\* Предельный уровень сырой клетчатки.

\*\*\* Цистин может составлять 56% суммы метионин+цистин; тирозин может составлять 50% суммы фенилаланин+тирозин.

Таблица 83. Потребность супоросных маток в энергии и аминокислот в период 75-115 дней супоросности (натуральный корм, 87-90% сухого вещества)

Живая масса в 75 дней, кг	141	163,5	187	210	209	210
Прирост живой массы, кг	39	31,5	28	25	21	25
Ожидаемый приплод, гол.	10	11	12	12	12	14
ОЭ, МДж/кг	12,55	12,55	12,55	12,55	12,55	12,55
ОЭ, МДж/день	31,94	32,58	33,67	34,45	33,33	34,69
Норма корма, кг/день	2,55	2,59	2,68	2,74	2,65	2,76
Сырой белок (протеин), %	16,8	15,0	14,2	13,6	13,3	13,8
Сырая клетчатка, %**	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
NaCl, %	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40

ИИП аминокислоты, % натурального корма

Лизин	0,65	0,58	0,55	0,52	0,51	0,52
Метионин	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,17
Метионин+цистин***	0,38	0,34	0,32	0,31	0,30	0,31
Триптофан	0,12	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
Треонин	0,42	0,38	0,36	0,34	0,33	0,34
Изолейцин	0,37	0,33	0,31	0,30	0,29	0,30
Лейцин	0,65	0,58	0,55	0,52	0,51	0,52
Аргинин	0,26	0,23	0,22	0,21	0,20	0,21
Гистидин	0,20	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16
Валин	0,44	0,39	0,37	0,35	0,35	0,35
Фенилаланин	0,36	0,32	0,30	0,29	0,28	0,29
Фенилаланин+тирозин***	0,63	0,56	0,53	0,50	0,49	0,50

Общие аминокислоты, % натурального корма

Лизин	0,76	0,68	0,64	0,61	0,60	0,62
Метионин	0,24	0,22	0,20	0,20	0,19	0,20
Метионин+цистин***	0,45	0,40	0,38	0,36	0,35	0,37
Триптофан	0,14	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
Треонин	0,49	0,44	0,42	0,40	0,39	0,40
Изолейцин	0,43	0,39	0,36	0,35	0,34	0,35
Лейцин	0,76	0,68	0,64	0,61	0,60	0,62
Аргинин	0,30	0,27	0,26	0,24	0,24	0,25
Гистидин	0,24	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19
Валин	0,52	0,46	0,44	0,41	0,41	0,42
Фенилаланин	0,42	0,37	0,35	0,34	0,33	0,34
Фенилаланин+тирозин***	0,74	0,66	0,62	0,59	0,58	0,60

\* Нормы аминокислот рассчитаны в соответствии с концентрацией энергии и количеством корма, как указано в данной таблице.

\*\* Предельный уровень сырой клетчатки.

\*\*\* Цистин может составлять 56% суммы метионин+цистин; тирозин может составлять 50% суммы фенилаланин+тирозин

## Потребность в энергии и незаменимых аминокислотах лактирующих маток

Программа кормления должна строиться с учетом живой массы маток, стадии лактации, количества поросят в помете и их потенциального веса при отъеме. При плохом кормлении лактирующих маток их мускульная и жировая ткани будут мобилизовываться на образование молока. Установлено, что коэффициент конверсии энергии тканей в энергию молока составляет 0,88.

При расчете потребности в питательных веществах лактирующих маток исходят из следующих показателей:

- энергия на поддержание –  $469 \text{кДж/кг жм}^{0,75}$
- валовая энергия 1 кг молока – 4,69 МДж ;
- эффективность конверсии энергии корма в энергию молока – 0,72.

Следовательно, на образование 1 кг молока требуется 6,5 МДж ОЭ (4,69/0,72). Конверсия молока в прирост поросят-сосунов составляет 1 кг молока = 250 г среднесуточного прироста. Суточное количество молока от свиноматки определяют по среднесуточному приросту поросят в помете.

Потребность в ИИП лизине на поддержание матки – 0,136 г/кг жм<sup>0,75</sup>, на 1 кг молока – 5 г.

Содержание белка в свином молоке составляет 5% (50 г/кг) содержание лизина 7 г/100 г белка молока или 0,07 г/г белка. Следовательно, в 1 кг молока содержится 3,5 г лизина [(7×50)/100].

Коэффициент использования ИИП лизина в организме свиноматки составляет 70%, т.е. на 1 г молочного белка требуется 0,1 г, на 1 кг молока – 5 г ИИП лизина (50 г/кг × 0,1).

Для свиноматок при индивидуальном содержании на бетонном полу количество энергии на поддержание необходимо увеличивать на 4% на каждый 1°С ниже критической (18°С). При повышении температуры в свинарнике выше критической потребление корма снижается на 1,7% на каждый 1°С выше 18°С.

Необходимо за один-два дня до опороса снизить суточный рацион маток наполовину, а после опороса в период лактации и после отъема поросят кормить маток, придерживаясь схемы, представленной в таблице 85.

Таблица 84. Потребность лактирующих маток в энергии и аминокислотах(натуральный корм 87-90% сухого вещества)

Живая масса после опороса, кг	150	150	150	175	175	175	175	175
Ожидаемая потеря жм, кг	0	0	0	0	0	0	-10	-10
Количество поросят, гол	9	9	9	10	10	10	11	12
Среднесуточный прирост поросят, г	150	200	250	150	200	250	200	200
ОЭ, МДж/кг	12,97	12,97	12,97	12,97	12,97	12,97	12,97	12,97
ОЭ, МДж/день	55,1	66,8	78,5	61,5	74,4	87,4	63,0	76,0
Корм, кг/день	4,25	5,14	6,05	4,73	5,74	6,74	4,86	5,86
Сырой белок (протеин), %	16,5	17,3	17,8	16,4	17,3	18,0	19,1	19,5
Сырая клетчатка, %**	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
NaCl, %	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45

ИИП аминокислоты, % натурального корма\*

Лизин	0,77	0,81	0,84	0,77	0,81	0,84	0,89	0,91
Метионин	0,25	0,26	0,27	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29
Метионин+цистин***	0,45	0,48	0,50	0,45	0,48	0,50	0,53	0,54
Триптофан	0,14	0,15	0,15	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16
Треонин	0,50	0,53	0,55	0,50	0,53	0,55	0,58	0,59
Изолейцин	0,44	0,46	0,48	0,44	0,46	0,48	0,51	0,52
Лейцин	0,77	0,81	0,84	0,77	0,81	0,84	0,89	0,91
Аргинин	0,31	0,32	0,34	0,31	0,32	0,34	0,36	0,36
Гистидин	0,24	0,25	0,26	0,24	0,25	0,26	0,28	0,28
Валин	0,52	0,55	0,57	0,52	0,55	0,57	0,61	0,62
Фенилаланин	0,42	0,45	0,46	0,42	0,45	0,46	0,49	0,50
Фенилаланин+тирозин***	0,75	0,79	0,81	0,75	0,79	0,81	0,86	0,88

Общие аминокислоты, % натурального корма\*

Лизин	0,91	0,95	0,98	0,90	0,95	0,99	1,05	1,07
Метионин	0,29	0,30	0,31	0,29	0,30	0,32	0,34	0,34
Метионин+цистин***	0,54	0,56	0,58	0,53	0,56	0,58	0,62	0,63
Триптофан	0,16	0,17	0,18	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19
Треонин	0,59	0,62	0,64	0,59	0,62	0,64	0,68	0,70
Изолейцин	0,52	0,54	0,56	0,51	0,54	0,56	0,60	0,61
Лейцин	0,91	0,95	0,98	0,90	0,95	0,99	1,05	1,07
Аргинин	0,36	0,38	0,39	0,36	0,38	0,40	0,42	0,43
Гистидин	0,28	0,29	0,30	0,28	0,29	0,31	0,33	0,33
Валин	0,62	0,65	0,67	0,61	0,65	0,67	0,71	0,73
Фенилаланин	0,50	0,52	0,54	0,50	0,52	0,54	0,58	0,59
Фенилаланин+тирозин***	0,88	0,92	0,95	0,87	0,92	0,96	1,02	1,04

\* Нормы аминокислот рассчитаны в соответствии с концентрацией энергии и количеством корма, как указано в данной таблице.

\*\* Предельный уровень сырой клетчатки.

\*\*\* Цистин может составлять 56% суммы метионин+цистин: тирозин может составлять 50% суммы фенилаланин+тирозин



Таблица 85. Уровень кормления свиноматок после опороса и в период лактации

Свиноматки	Комбикорм, кг/сутки
1-й день после опороса	1
2-ой день после опороса	2
3-й день после опороса	3
4-6-й день после опороса	4
7-й день после опороса	1,5 + 0,5 кг на каждого поросенка
Отъем поросят	Никакого корма

Свиноматки после опороса должны потреблять большое количество воды для восстановления водного баланса и повышения молочности. Часто этому не придают значения, что приводит к отрицательным последствиям. Поросята, отнятые в трехнедельном возрасте, нуждаются в легкодоступных углеводах и белках. Поэтому лактоза молочных кормов является незаменимым компонентом углеводов. Белок соевых жмыхов и шротов в этом возрасте недостаточно хорошо усваивается.



Рисунок 47. Хряк и свиноматка породы ландрас

Непродуктивные дни свиноматки - это интервал от отъема до случки. Часто этот период удлиняется из-за неправильного кормления, истощенности или сильного ожирения. Желательно маток не смешивать после случки, чтобы свести стресс до минимума. Типичный комбикорм для лактирующих маток в приложении 26.

### **Нормы потребности хряков в энергии и незаменимых аминокислотах**

Потребность хряков в энергии представляет собой сумму затрат энергии на поддержание, половую активность, продукцию семени и рост самого хряка. Затраты энергии на поддержание – 469 кДж/кг жм<sup>0,75</sup>, на одну садку на манекен 17,2 кДж/кг жм<sup>0,75</sup>, на продукцию семени 414 кДж/эякулят. Нормы энергии и аминокислот, для хряков приведены в таблице 86.

Таблица 86. Потребность хряков в энергии и аминокислотах

Показатели	Норма
ОЭ, МДж/кг	13,38
ОЭ, МДж/день	28,45
Потребление корма, кг/день*	2,13
Сырой белок (протеин), %	14,0
Сырая клетчатка, %**	5,0
NaCl, %	0,4
Общие аминокислоты, % натурального корма (87-90% сухого вещества)	
Лизин	0,60
Метионин	0,16
Метионин+цистин	0,42
Триптофан	0,12
Треонин	0,50
Изолейцин	0,35
Лейцин	0,51
Аргинин	–
Гистидин	0,19
Валин	0,40
Фенилаланин	0,33
Фенилаланин+тирозин	0,57

\* Потребность основана на потреблении 2 кг корма в день, количество корма следует подгонять в зависимости от живой массы, прироста и упитанности хряков.

\*\* Указан предельный уровень сырой клетчатки.

## Потребность свиней в минеральных веществах

### Макроэлементы

**Кальций (Ca) и фосфор (P).** Нормальное кальциево-фосфорное питание определяется не только достаточным содержанием их в рационе, но также и оптимальным соотношением Ca : P, и, кроме того, наличием витамина D. При широком отношении, в особенности, когда содержание фосфора в рационе свиней обеспечено на предельном уровне, снижается его всасывание. Нормальное отношение общего Ca и P 1:1,25, а доступного фосфора - 2:1.

Достаточное количество витамина D в рационе необходимо для нормального обмена Ca и P. Однако, значительный избыток витамина D может привести к мобилизации Ca и P из костяка.

В период супоросности и лактации потребность в Ca и P возрастает и достигает максимума к концу беременности. Потребность ремонтных хрячков в этих элементах выше, чем свинок.

Фосфор в зерне злаковых, бобовых, жмыхах и шротах масличных культур связан фитиновой кислотой и усваивается животными на 15-20%.

Фосфор молока и других животных кормов усваивается свиньями на 90-100%; фосфор люцерновой муки так же хорошо усваивается. Фосфор из зерна обычной кукурузы усваивается на 15%, а из низкофитиновой - на 77%.

Добавление в корм микробного фермента фитазы способствует повышению биодоступности фосфора на 30-60 %. Действие фитазы зависит от соотношения Са : Р и наличия витамина D. Микробная фитаза, кроме того, повышает доступность Са, Zn и аминокислот.

Кальций люцерновой муки и зерновых также доступен слабо. Однако, вклад зерновой части рациона в обеспечении кальцием настолько мал, что практически весь Са приходится компенсировать за счет его минеральных источников – мела, гипса, кальциевофосфорных источников. Кальций из доломитового известняка доступен на 50-75%, из обесфторенного фосфата – на 90-100%. Высока усвояемость Са и Р (90-100%) из моно-, ди-, трикальцийфосфата, глюконата и сульфата кальция.

Симптомы дефицита Са и Р сходны с симптомами дефицита витамина D. Они включают: депрессию роста, плохую минерализацию костей, приводящую к рахиту у молодых свиней и остеомалации у взрослых, параличу задних конечностей особенно к концу лактации.

Избыток Са и Р и широкое соотношение между ними может снизить рост поросят. Избыток кальция ухудшает использование фосфора и одновременно повышает потребность в цинке и витамине К.

**Натрий (Na) и хлор (Cl)**, являются главными внеклеточными катионом и анионом в теле животных, а хлор, кроме того, – важным компонентом желудочного сока. Минеральный баланс выражают в миллиэквивалентах (мЭк), получаемый из  $Na+K-Cl$ ; его относят к электролитическому балансу. Оптимальный баланс у свиней равен 250 мЭк избытка катионов  $Na+K$  на кг рациона.

У поросят потребность в натрии и хлоре более высокая, чем у взрослых свиней. Так, при живой массе 3-5 кг требуется по 0,25% каждого; при 5-10 кг - по 0,20%; при живой массе от 10 до 20 кг - по 0,15% каждого. Потребность ремонтных свиней и свиноматок выше, чем у откормочных. Для них добавка 0,3% NaCl была недостаточной. Когда у супоросных маток количество NaCl снизили с 0,5 до 0,25 % поросята при рождении и отъеме были меньше по массе. Добавка 0,4% NaCl супоросным и 0,5% лактирующим маткам достаточна для удовлетворения их потребности, как в натрии, так и хлоре.

Доступность натрия и хлора в большинстве кормов находится на уровне 90-100%. Добавление поваренной соли к рационам особенно необходимо, если они состоят из кормов растительного происхождения. Этим достигается лучшие поедаемость корма, усвоение питательных веществ и, как следствие, увеличение среднесуточных приростов массы.

Введение поваренной соли в рационы, включающие мясокостную, кровяную или рыбную муку, обычно не дает положительного эффекта, так как они содержат достаточно высокий уровень натрия и хлора.

Симптом дефицита натрия и хлора - снижение скорости роста. Свиньи хорошо переносят повышенный уровень NaCl. Однако высокое содержание соли в питьевой воде может вызвать токсикоз, выражающийся нервозностью, слабостью, эпилепсией, параличом и гибелью.

**Магний (Mg).** Считают, что потребность в Mg полностью удовлетворяется за счёт кормов рациона. На основании экспериментальных данных в качестве оптимальной можно принять концентрацию, равную 0,05% на 1 кг сухого вещества рациона.

Симптомы дефицита магния у свиней, выявленные на синтетическом рационе, напоминают низкокальциевую тетанию на фоне повышенной возбудимости нервной системы, наблюдаются шаткая походка из-за слабости путовых суставов («бабки») ног, нежелание стоять на ногах, атаксия, тетанические судороги и смерть.

**Калий (K).** Очень важный элемент в теле животных. Он вместе с натрием играет ключевую роль в создании электрических потенциалов и нервных импульсов. Потребность поросят при живой массе 1-4 кг составляет от 0,27 до 0,39%, 5-10 кг - от 0,6 до 0,33%, 16 кг - от 0,23 до 0,28%, при живой массе 20-35 кг - около 0,15%.

В кормах обычно достаточно калия, чтобы полностью обеспечить потребность всех групп свиней. Доступность K в зерновых 90-95%. Переизбыток в рационе хлора (0,6%) требует увеличения количества калия до 1,1% у поросят.

Симптомы дефицита калия: анорексия (отказ от корма), истощение, грубость волосяного покрова, пассивность, атаксия, снижение частоты пульса.

**Сера (S).** В теле животных содержится от 0,12 до 0,15% серы.

Обычно в рационах достаточно серы для удовлетворения потребности свиней. Поэтому добавки серусодержащих препаратов не дают какого-либо положительного действия. Избыток в рационе неорганической серы (в виде сульфата) у поросят приводит к задержке роста, рахиту, гастроэнтеритам; у взрослых животных избыток серы легко выводится через почки.

## Микроэлементы

**Хром (Cr).** Добавление в рацион свиней хром пиколината, который лучше всасывается, чем неорганические соединения хрома, не оказывало определённого положительного действия. В одних опытах добавки вызывали снижение осаленности туш, в других - этого не отмечено.

**Кобальт (Co).** Этот микроэлемент входит в состав витамина В<sub>12</sub>. В печени свиней его содержится 50-350 мкг/кг; в крови - 5-8 мкг%, при недостатке его в организме - 2,0 - 2,5 мкг%.

У свиней в разные физиологические периоды изменяется количество кобальта в плазме крови: в первую половину супоросности - 1,2-1,3; во вторую половину - 4,9- 9,4; в начале лактации - 1,2-2,5 мкг%. Уменьшение числа эритроцитов, потеря массы и замедление роста, облысение связаны с недостатком этого микроэлемента.

Нет серьёзных доказательств потребности свиней в кобальте. Кобальт рациона может использоваться кишечной микрофлорой для синтеза витамина В<sub>12</sub>. Уровень кобальта в 400 мг/кг рациона токсичен, может вызвать отказ от корма, «одеревенелость» ног, образование горба, мышечные судороги, анемию.

**Медь (Cu).** Потребность в меди невысока - от 5 до 10 мг/кг рациона. Супоросным маткам требуется 6 мг меди /кг корма. При скармливании от 100 до 250 мг/кг корма меди в виде CuSO<sub>4</sub> стимулируется рост поросят. Поросята от таких маток имели более высокую живую массу при рождении и отъеме. Правда, в других исследованиях не было отмечено положительного действия высоких доз сернокислой меди на репродукцию маток. Причина ростостимулирующего действия сернокислой меди пока неизвестна. Чаще всего ее связывают с антимикробным действием в желудочно-кишечном тракте. Ростовая реакция усиливается при одновременной добавке жира.

Скармливание таких доз сернокислой меди маткам в течение супоросности и лактации не выявило каких-либо отрицательных последствий на репродукцию, несмотря на повышение концентрации меди в печени и почках.

Некоторые исследователи отмечали повышение активности липазы и фосфолипазы и улучшение переваримости жира у поросят при добавлении 250 мг/кг корма меди в составе сернокислой меди. Высокий уровень меди в рационе повышает ее содержание в фекалиях.

Симптомы дефицита меди: снижение концентрации гемоглобина в крови, искривление ног, спонтанные переломы костей, сердечно-сосудистые расстройства, депигментация, плохая мобилизации железа, ухудшение кератинизации и синтеза белков опорного аппарата - коллагена и эластина.

Недостаток меди вызывает у животных также ослабление костяка, снижение подвижности суставов, желудочные расстройства.

Симптомы токсичности: медь может быть токсичной, когда ее уровень превышает 250 мг/кг рациона, скармливаемого продолжительный период; пониженный уровень гемоглобина и желтуха, которая является следствием накопления меди в печени и других органах. Повышенный уровень цинка, железа или кальция усиливает токсичность ме-

ди. У животных наблюдают желтушность, апатию, отмечают повышенное сердцебиение; животные испытывают жажду, подолгу лежат; смерть наступает в результате печеночной комы.

**Йод (I).** Наибольшая часть йода у свиней локализуется в щитовидной железе, где он входит в состав гормонов моно-, ди-, три- и тетраiodтиронина. Эти гормоны играют большую роль в обмене веществ. Заболевания щитовидной железы бывают у свиней в районах с пониженным содержанием йода в почве и, следовательно, в кормах. В ряде кормов содержатся так называемые гойтерогены, которые связывают йод и делают его недоступным для животных. Значительный уровень гойтерогенов содержится в семенах масличных и бобовых культур - рапса, льна, чечевицы, арахиса, сои.

Количество биодоступного йода 0,14 мг/кг корма достаточно, чтобы предотвратить гипертрофию щитовидной железы у растущих поросят и 0,35 мг – у свиноматок. Йодистые препараты – йодат кальция –  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ , йодат калия -  $\text{KIO}_3$  более стабильны, чем другие препараты.

Матки на йоддефицитных гойтерогенных рационах дают слабых и мертворожденных поросят с отсутствием волосяного покрова; у них отмечается увеличенная геморрагическая щитовидная железа. При уровне йода 800 мг подавляется рост, снижается уровень гемоглобина и концентрация железа в печени.

**Железо (Fe).** Потребность в железе обусловлена тем, что он является ключевой частью гемоглобина эритроцитов.

У родившихся поросят содержится около 50 мг железа, в основном, в гемоглобине. Скармливание высоких доз железа свиноматкам или внутримышечная инъекция декстрана железа в конце беременности незначительно увеличивает его транспорт через плаценту к плоду.

Поросята-сосуны должны получать 21 мг железа в расчете на 1 кг прироста, чтобы обеспечивать достаточный уровень гемоглобина. Потребность поросят-сосунов в железе составляет от 50 до 150 мг/кг сухого вещества молока. При этом молоко свиноматок содержит в среднем всего 1 мг железа на литр. Поэтому у поросят, получающих только молоко матери, быстро развивается анемия.

Обогащение комбикорма свиноматок железом содействует профилактике анемии поросят, повышает интенсивность их роста и экономически более выгодно, чем внутримышечное введение поросятам ферроглюкина.

Установлено, что у свиней железо хорошо усваивается из сульфатов, хлорида, глюконата и плохо - из карбонатов, пирофосфатов и практически недоступно в составе оксидов. Железо хорошо усваивается свиньями из пшеницы и продуктов ее переработки. Следует указать, что железо из кормов животного происхождения усваивается лучше, чем из растительных кормов.

Скармливание высоких доз различных источников железа, включая сернокислое и хелатное железо, супоросным и лактирующим маткам не увеличивает содержание железа в молоке до такого уровня, чтобы предотвратить его дефицит у поросят. Эти уровни могут, однако, предотвратить дефицит железа у сосунов, имеющих доступ к фекалиям матери. Многочисленными исследованиями доказана эффективность однократной внутримышечной инъекции от 100 до 200 мг железа в форме ферроглюкина в первые три дня после рождения. В кишечнике новорожденных поросят железо активно всасывается. Введение источников железа через рот (*per os*) в первые часы жизни способствует обеспечению поросят железом, однако не следует давать его избыточное количество (более 200 мг) путем инъекции или *per os*, так как несвязанное в сыворотке крови железо вызывает рост числа бактерий в кишечнике, повышенную восприимчивость к инфекциям и диарее. Потребность поросят-отъемышей в железе составляет около 80 мг/кг корма. По мере роста свиней потребность в нем снижается.

Натуральные корма, как правило, в полной мере удовлетворяют потребности откормочных свиней в железе. Уровень его утилизации из минеральных соединений высок, за исключением оксидных форм. Доступность железа кормов почти не изучена, но, по-видимому, она не превышает 30-40%.

Показателем состояния с обеспеченностью железом является концентрация гемоглобина в крови, которая у поросят в норме составляет 100 г/л. Концентрация 80 г/л показывает пограничный уровень, а уже при 70 г/л и ниже возникает анемия. У анемичных поросят отмечают слабый рост, грубый волосяной покров, морщинистую кожу, бледность слизистых оболочек. Быстро растущие анемичные поросята могут неожиданно умереть от аноксии (резкого недостатка кислорода). Анемичные поросята очень восприимчивы к инфекциям.

Для 3-10-дневных поросят токсичной дозой железа является 600 мг/кг живой массы в составе сернокислого железа. Симптомы токсичности проявляются в течение первых трех часов после кормления. Обнаружено, что инъекция 100 мг железа в составе ферродекстрана вызывает симптомы токсичности у поросят, родившихся от матерей с дефицитом витамина Е.

**Марганец (Mn).** Обеспеченность свиноматок марганцем влияет на развитие плодов, поскольку марганец легко проходит через плацентарный барьер. Потребность поросят в марганце колеблется от 3 до 6 мг/кг корма. Потребность супоросных маток в марганце составляет 25 мг/кг корма. Масса поросят и молочность свиноматок оказываются высокими при содержании 20 мг/кг рациона супоросных и лактирующих маток.

Длительное кормление рационом с 0,5 мг марганца приводит к ненормальному росту скелета, повышенному отложению жира или отсутствию половых циклов, рассасыванию плодов, рождению мелких, слабых поросят, пониженной молочной продуктивности. У молодняка отмечают замедленный рост, дефекты конечностей, плохой волосяной покров.

Токсический уровень марганца не установлен. При содержании 4 г марганца в 1 кг рациона поросята плохо росли; при 2 г снижался уровень гемоглобина в крови, а при 500 мг/кг отмечалась слабость конечностей.

**Селен (Se).** Селен, вместе с витамином E, играет роль антиоксидательного агента. Однако высокий уровень витамина E не может полностью заменить селен. Селен входит в состав фермента тиоредоксин-редуктазы (Se-зависимый флавопротеин), который катализирует восстановление тиоредоксидазы.

Отсутствие тиоредоксина приводит к гибели эмбрионов у свиноматок, так как он является фактором ранней беременности и выделяется в пределах нескольких часов в процессе оплодотворения яйцеклетки. Селен действует на щитовидную железу, так как входит в состав фермента.

Потребность свиней в селене варьирует от 0,3 для отъемышей до 0,5 мг/кг корма для откормочных свиней. На потребность в селене влияет уровень фосфора в рационе, но не кальция. Селен из дрожжей (обогащенных селеном), селенита и селената натрия хорошо усваивается. Обеспеченность селеном маток влияет на рост и здоровье поросят.

Добавление в рационы супоросных и лактирующих маток 0,3 мг селена в форме селената натрия и дрожжевого селена оказалось полезным даже на рационе, в котором концентрация селена за счет кормов была вполне достаточной (0,2 мг/кг). При этом снижалось количество слабых поросят при рождении. Наиболее высокая концентрация селена в молозиве и молоке была у маток, получавших дрожжевой селен.

Симптомы дефицита селена: снижение в сыворотке крови растущих поросят глутатион-пероксидазы, неожиданная смерть, некроз печени, отечность толстого отдела кишечника, слизистой и подслизистой желудка, дистрофия скелетных мышц (бледное мясо), пятнистость и дистрофия миокарда, плохая репродукция, низкая молочность, ослабление иммунной системы.

Токсичное действие наблюдается при уровне селена 5; 7,5 и 10 мг на кг корма. Признаки токсичности: анорексия (отказ от корма), потеря щетины, ожирение печени, дегенеративные изменения в печени и почках, отечность, повреждения копыт и кожи, некроз нервных клеток.

**Цинк (Zn).** Обладает весьма широким спектром физиологического воздействия, участвует в процессах дыхания, служит катализатором



ром в окислительно-восстановительных процессах, повышает активность витаминов и усиливает фагоцитоз.

Цинк всасывается в тонком кишечнике, где усваивается обычно от 5% до 40% от общего количества потребленного вещества. Перенос цинка из клеток слизистой кишечника в плазму контролируется с помощью особого белка - металлотионина. Цинк всасывается хуже, если в рационе есть избышек кальция или зерновых фитатов (органических соединений фосфора). Но наиболее известным ингибитором цинка является щавелевая кислота.

Потребность в цинке находится на уровне 50 мг/кг корма. При этом у хрячков потребность выше, чем у боровков. При избытке в рационе кальция потребность в цинке повышается. Цинк зерна и белковых растительных кормов плохо усваивается свиньями, однако, его доступность повышается при добавлении в корма микробной фитазы. Считают, что если в 1 л плазмы крови содержится менее 0,4 мг цинка, то у свиней присутствует дефицит цинка.

Классическим признаком дефицита цинка является гиперкератинизация кожи, называемая паракератозом. Дефицит цинка снижает скорость роста поросят, в сыворотке крови снижается содержание цинка, щелочной фосфатазы и альбумина. У свиноматок на рационе с дефицитом цинка уменьшается число поросят в помете и их живая масса. У хрячков снижается половая активность. У животных отмечают дерматиты, отсутствие аппетита, скрежет зубов, рвоту, поносы, замедленный рост, хромоту и дефекты конечностей. Приплод рождается слабым, с плохо развитым костяком и нередко гибнет.

Токсичность цинка на растущих поросятах проявляется при введении 2- 4 г/кг корма в составе углекислого цинка. При этом у животных отмечались депрессия, высокое артериальное давление, гастрит и гибель. У растущих поросят, получавших от 2 до 4 г цинка на кг корма в составе ZnO, симптомов токсикоза отмечено не было. В дозе 1 г/кг корма цинк также не был токсичен.

Поросята от маток, получавших высокий уровень цинка, имели в тканях пониженный уровень меди, и у них быстро развивалась анемия на диете с низким содержанием меди.

Добавка в рацион поросятам, отнятым от маток в 19-21-дневном возрасте, 3 г ZnO на кг корма и кормление в течение 14 дней стимулировала рост. Столь высокая доза применяется как фармакологическое средство, особенно в условиях недостаточной гигиены в свинарниках.

В широких производственных испытаниях на поросятах с начальной живой массой 6 кг сравнивали действие 2 г цинка (в составе ZnO) в 1 кг рациона с другими его источниками в дозе 500 мг (цинк-метионином, цинк- полисахаридным комплексом, цинк-протеинатом, цинк-аминокислотным комплексом). По итогам 28-суточного экспери-

мента наилучшие показатели по росту и конверсии корма отмечены у поросят на рационе с ZnO, что было результатом лучшего поедания корма.

Таблица 87. Потребность растущих свиней в минеральных веществах и витаминах, в % и на 1 кг натурального корма (87- 90% сухого вещества)

Возраст, дней	1-20	21-41	41-60	61-90	91-120	121-150	151-180
Живая масса, кг	1,4-5,2	5,2-13	13-25	25-48	48-74	74-100	100-124
Минеральные вещества:							
Кальций, %	1,1	0,8	0,7	0,60	0,50	0,45	0,45
Фосфор общий, %	0,8	0,65	0,6	0,5	0,45	0,42	0,40
Фосфор доступ., %	0,7	0,40	0,32	0,23	0,19	0,17	0,15
Натрий, %	0,25	0,20	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10
Хлор, %	0,30	0,20	0,15	0,08	0,08	0,08	0,08
Магний, %	0,16	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Калий, %	0,41	0,28	0,26	0,23	0,19	0,18	0,17
Медь, мг	6	6	5	4	3,5	3,2	3
Йод, мг	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Железо, мг	100	100	80	60	50	48	40
Марганец, мг	4	4	3	2	2	2	2
Селен, мг	0,3	0,3	0,25	0,15	0,15	0,15	0,15
Цинк, мг	138	100	80	60	50	50	50
Витамины:							
A, ME	5000	4500	4000	3000	3000	2000	2000
D3, ME	800	700	600	500	500	400	300
E, ME	20	16	16	12	12	11	11
K, мг	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
B7, мг	0,1	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
B4, г	0,60	0,60	0,50	0,40	0,30	0,30	0,30
Bc, мг	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
B5 доступный, мг	25	20	15	12,5	10	7	7
B3, мг	15	12	10	9	8	7	7
B2, мг	4,5	4	3,5	3	2,5	2	2
B1, мг	1,7	1,5	1	1	1	1	1
B6, мг	2	2	1,5	1,5	1	1	1
B12, мкг	20	20	18	15	10	10	5
Линолевая кислота, %	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Таблица 88. Потребность супоросных, лактирующих маток и хряков-производителей в минеральных веществах и витаминах, в % или на 1 кг натурального корма (87- 90% сухого вещества)

Показатели	Матки супоросные	Матки лактирующие	Хряки-производители
Минеральные вещества:			
Кальций, %	0,75	0,75	0,75
Фосфор общий, %	0,60	0,60	0,60
Фосфор доступ., %	0,35	0,35	0,35
Натрий, %	0,15	0,20	0,15
Хлор, %	0,12	0,16	0,12
Магний, %	0,04	0,04	0,04
Калий, %	0,2	0,2	0,2
Медь, мг	5	5	5
Йод, мг	0,14	0,14	0,14
Железо, мг	80	80	80
Марганец, мг	20	20	20
Селен, мг	0,15	0,15	0,15
Цинк, мг	50	50	50
Витамины:			
А, МЕ	4000	2000	4000
Д <sub>3</sub> , МЕ	200	200	200
Е, МЕ	44	44	44
К, мг	0,5	0,5	0,5
В <sub>7</sub> , мг	0,2	0,2	0,2
В <sub>4</sub> , г	1,25	1,30	1,25
В <sub>с</sub> , мг	1,3	1,3	1,3
В <sub>5</sub> доступный, мг	10	10	10
В <sub>3</sub> , мг	12	12	12
В <sub>2</sub> , мг	3,75	3,75	3,75
В <sub>1</sub> , мг	1	1	1
В <sub>6</sub> , мг	1	1	1
В <sub>12</sub> , мкг	15	15	15
Линолевая кислота, %	0,1	0,1	0,1

Примечание: 1). Для ремонтных хрячков и свинок (живая масса 50-120 кг) количество общего кальция, общего и доступного фосфора следует увеличить на 0,05-0,1%;

2) Ниацин зерна злаковых зерновых (кукуруза, пшеница, ячмень) и продуктов их переработки свиньями **не усваивается**.

3) Нормы минеральных веществ и витаминов рассчитаны в соответствии с концентрацией энергии и количеством корма, как указано в таблицах 82, 83, 84, 86. для супоросных, лактирующих маток и хряков-производителей соответственно.

## Витамины

Витамины - органические соединения необходимые для поддержания нормального процесса роста, а также здоровья и воспроизводства свиней. Витамины не могут вырабатываться организмом свиньи, а поступают туда исключительно из рациона. Бактерии в кишечнике могут синтезировать небольшое количество биотина и некоторых витаминов В группы, но это непредсказуемый процесс, поэтому составители рациона на него не полагаются.

Водорастворимые витамины, в отличие от жирорастворимых, существенно не накапливаются в организме, откладываясь в нем лишь в небольших количествах, поэтому они должны непрерывно поступать с кормами. Установлено, что даже кратковременный перерыв в их поступлении вызывает снижение активности многих ферментов или ферментных систем. В результате происходит торможение соответствующих процессов обмена веществ, снижается продуктивность животных, ослабляется резистентность организма.

### Жирорастворимые витамины

**Витамин А (ретинол).** Потребность в витамине А. Свиньи способны запасать витамин А в печени, который используется в периоды недостатка его в корме. Опыты дают основание полагать, что до 10-дневного возраста организм поросят не способен трансформировать каротин в витамин А. Обеспеченности приплода витамином А (по Вальдману А.Р., 1977) способствует введение ретинола в рационы супоросных и подсосных свиноматок (700 тыс. МЕ в течение последних 10 дней перед опоросом или 400 тыс. МЕ в течение месяца до опороса).

Для поросят в первые 8 недель жизни достаточно от 75 до 605 мкг ретинол ацетата в 1 кг рациона (250-2016 МЕ), растущим и откормочным свиньям 35-160 мкг/кг (116 - 433 МЕ). Для супоросных и лактирующих достаточно 2100 МЕ витамина А в сутки. Присутствие в корме или воде нитритов и нитратов снижает биодоступность и повышает потребность в витамине А.

Симптомы дефицита витамина А: потеря ориентации в сумерках и при слабом освещении («куриная слепота»), затем развивается сухость роговых оболочек глаз и их расплавление. Кожа тускнеет, становится грубой, шероховатой, появляются чешуйки на шее, холке, спине и корне хвоста. Поросята больше лежат, с трудом поднимаются. В тяжелых формах отмечаются воспаления слизистых оболочек носовой полости (ринит), бронхов (бронхит), легких (пневмония), а нередко и воспаление желудка и кишечника, желчных протоков и мочеточников.

Токсичность витамина А. У поросят, получавших 605, 484 или 363 мг ретинола пальмитата в кг рациона, проявились симптомы ток-

сичности через 17,5; 32 и 43 дня соответственно. При этом наблюдались внутривенные и межмембранные поражения костей.

**Витамин D.** Витамин D является прогормоном, сам по себе он биологической активности не проявляет, но в печени и в почках в ходе биосинтеза превращается в активный гормон кальцитриол.

Витамин D, как и другие жирорастворимые витамины, откладывается в печени и расходуется по мере необходимости. Половина витамина D выводится из организма в течение 20 - 30 суток.

Потребность. Считается, что витамины D<sub>2</sub> и D<sub>3</sub> одинаково эффективно проявляют свое действие в организме свиней. В то же время некоторые исследователи полагают, что между ними есть различие в метаболизме у поросят. Для сосунов требуется 100 МЕ/кг корма. Инъекция маткам перед опоросом препарата D<sub>3</sub> обеспечивает поросят этим витамином через молоко и его дигидрооксиметаболитами путем плацентарного транспорта.

Симптомы дефицита витамина D: нарушение всасывания и обмена кальция и фосфора, недостаточная кальцификация костей, рахит у молодняка; у взрослых свиней - остеомаляция (уменьшение минеральных веществ в костях). При остром дефиците у поросят проявляются симптомы дефицита кальция и магния, включая тетанию. Это наблюдается у 4- 6-месячных свиней, получавших дефицитный по витамину D рацион.

Симптомы токсичности витамина D наступают у поросят при дозе 6,25 мг витамина D<sub>3</sub> через 4 недели потребления корма. При этом у них снижается скорость роста, масса печени, наблюдается укорочение лучевой и локтевой костей, кальцификация легких. При уровне 11825 мкг витамина D на кг корма наблюдали гибель поросят на 4 день кормления. Витамин D<sub>3</sub> более токсичен для свиней, чем D<sub>2</sub>.

**Витамин E (токоферол).** D-форма α-токоферола имеет более высокую биологическую активность по сравнению с L-формой. 1 мг D-α-токоферола = 1,49 МЕ витамина E. Было доказано, что D-α-токоферил ацетат используется свиньями более эффективно, чем крысами. По мнению ученых для молодых свиней 1 мг D-α-токоферола = 2,44 МЕ.

На потребность в витамине E влияют обеспеченность рационов селеном, ненасыщенными жирными кислотами, серосодержащими аминокислотами, витамином A, медью, железом, синтетическими антиоксидантами.

Эффективным способом поступления дополнительного количества витамина E в организм поросят-сосунов является добавление этого витамина в корм свиноматки. При увеличении содержания витамина E в корме повышенные его количества были обнаружены в плазме крови и молоке свиноматки. Включение дополнительного количества витамина E в рацион супоросных маток положительно влияет на развитие иммун-

ной системы новорожденного молодняка. Только таким образом, можно поддерживать необходимый уровень витамина Е у поросят после рождения, поскольку передача витамина через плаценту ограничена. Сразу после прекращения кормления материнским молоком содержание витамина Е в крови поросенка резко падает. Дополнительные количества витамина Е в рационе свиноматок перед самым окончанием периода лактации значительно уменьшает степень такого изменения.

Известно, что витамин Е повышает устойчивость свиней к заболеваниям, воздействуя на клеточные и гуморальные механизмы иммунной реакции. В проведенных недавно опытах поросят через неделю после прекращения их кормления материнским молоком иммунизировали яичным альбумином (экзогенным белком). Установлено, что иммунная реакция была значительно повышена у поросят от свиноматок, получавших дополнительные количества витамина Е в период лактации.

Известно, что витамин Е улучшает качество, структуру и сохранность мяса. Ряд исследований показал, что добавление витамина Е улучшает цвет мяса и уменьшает содержание промежуточных продуктов окисления холестерина, прогорклый запах и потерю сока в свинине. Для получения мяса высшего качества рекомендуется дополнительно добавлять витамин Е в количестве 100-150 мг/кг корма в течение всего периода откорма.

Симптомы дефицита: к ним относятся дегенерация скелетных и сердечных мышц, тромботические повреждения сосудов, паракератоз слизистой желудка, анемия, некроз печени, ее обесцвечивание, желтая жировая ткань, неожиданная смерть; у свиноматок возникает комплекс маститно-метритной болезни, отсутствие молока.

Токсичность витамина Е на свиньях не установлена. Даже при уровне 550 мг/кг рациона, у растущих свиней не проявлялись признаки токсикоза.

Плацентарный транспорт токоферола от матери к плоду незначителен, поэтому потомство может рассчитывать только на поступление его с молозивом и молоком. Содержание витамина Е в молоке зависит от его содержания в кормах. Считается, что уровень витамина в пределах 44- 60 мг/кг корма супоросных и лактирующих свиноматок обеспечивает высокое число поросят в помете и их достаточный иммунитет.

**Витамин К** Витамин К синтезируется кишечной микрофлорой. При высоких уровнях в корме антибиотиков синтез снижается. Присутствие в кормовых продуктах кумарина (антисвертывающего вещества) вызывает повышение потребности в витамине К.

Симптомы дефицита: увеличивается время свертывания крови, наблюдается геморрагия внутренних органов и гибель.

Токсичность витамина К даже при дозах 110, 300 и 1000 мг/кг рациона не проявилась.

## Водорастворимые витамины

**Витамин В<sub>1</sub> (тиамин).** Необходим в процессах обмена углеводов и белков. Является коэнзимом тиамин-фосфатазы необходимой для декарбоксилирования  $\alpha$ -кетокислот. Потребность в тиамине у поросят живой массой 2-10 кг составляет 1,5 мг/кг рациона, а у поросят массой 40 кг – 1 мг/кг.

Молозиво свиней содержит в среднем 970 мкг тиамин в 1 л, в т. ч. 73% свободного. А молоко – с 10-го по 56-й день лактации – 680 мкг/л, в т. ч. в свободной форме – 21%.

Несмотря на интенсивный биосинтез тиамин микрофлорой кишечника, потребность свиней в витамине В<sub>1</sub> полностью не удовлетворяется, и он должен поступать с кормами.

У дефицитных по тиамину поросят снижался рост, температура тела, артериальный пульс, отмечалась периодическая рвота, гипертрофия сердца, слабость и дегенерация миокарда, внезапная смерть из-за остановки сердца, повышенная концентрация пировиноградной кислоты в плазме крови.

Зерно большинства злаковых культур богато тиамин. Поэтому свиньям на зерново-жмыховых (шротовых) рационах тиамин добавлять не обязательно.

**Витамин В<sub>2</sub> (рибофлавин).** Потребность в рибофлавине растущих поросят колеблется от 1,8 до 3,1 мг/кг. Доступность рибофлавина для супоросных и лактирующих маток в кормах находится на уровне 35-59%.

Симптомы дефицита: потеря репродуктивной функции у свинок; у молодняка свиней – снижение роста, катаракты, трудная походка, себорей, рвота и облысение.

**Витамин В<sub>3</sub> (пантотеновая кислота).** Биодоступность пантотеновой кислоты в ячмене, пшенице, сорго – низкая, но высокая – в желтой кукурузе и соевых кормах. Только D-изомер пантотеновой кислоты биологически доступен. Как правило, в рационы свиней добавляют синтетическую пантотеновую кислоту в виде D-кальций пантотената. Это – соль, более стабильна, чем пантотеновая кислота, и содержит 92% активной пантотеновой кислоты. Препарат DL-Ca-пантотенат-CaCl<sub>2</sub> обладает всего лишь 32%-ной активностью.

Свиное молозиво содержит 0,7 мг/л пантотеновой кислоты, а в молоке ее содержание постепенно возрастает, достигая 5,4 мг/л к 55-му дню лактации. Как установлено, при низких температурах воздуха потребность свиней в витамине В<sub>3</sub> возрастает.

Симптомы дефицита: анализ посмертного вскрытия поросят с пантотеновым дефицитом показал наличие отечности и некроз слизистой кишечника, повышенную инвазию соединительных тканей, дегенерацию миелиновой оболочки центростремительных нервов и ганглиев

дорсальных корешков спинного мозга. Скармливание пантотената кальция в дозе 12-12,5 мг/кг сухого вещества корма предупреждало заболевания.

**Витамин В<sub>4</sub> (холин).** В рационы свиней его добавляют в виде препарата холин-хлорида, который содержит 74,6% активного холина. Он необходим для синтеза фосфолипидов, т.е. лецитина, образования ацетилхолина и трансметилирования гомоцистеина в метионин. Продуктом окисления холина является бетаин, который может заменять холин в процессах метилирования. При остром дефиците холина снижается его действие в метилировании. Метионин может превращаться в холин. Поэтому при избытке в рационе метионина холин можно не добавлять.

В рафинированном масле фосфолипидный холин отсутствует. В опытах на супоросных свинках обогащение рационов холином в дозах 430 и 880 мг/кг способствовало повышению числа поросят при рождении и отъеме за счет увеличения численности оплодотворенных яйцеклеток.

Симптомы дефицита холина: снижение роста молодняка свиней, грубость волосяного покрова, снижение концентрации эритроцитов, гемоглобина и гематокрита, повышение в крови уровня щелочной фосфатазы, шатающаяся походка. При остром дефиците происходит закупорка почечных канальцев в результате массивной жировой инфильтрации.

Никаких симптомов токсичности холина не выявлено. При уровне 2 г/кг рациона наблюдалось снижение приростов у растущих и откармливаемых свиней. При уровне 10 г/кг подавлялся рост поросят живой массой 10 кг.

**Витамин В<sub>5</sub>, РР (ниацин, никотиновая кислота)** Биодоступность ниацина из желтой кукурузы, овса, пшеницы и сорго практически нулевая, так как в этих продуктах он находится в связанной форме. В соевых кормах ниацин высокодоступен. Активность ниацина в коммерческом препарате никотинамиде (ниацинамиде) составляет 120% относительно никотиновой кислоты.

Симптомы дефицита ниацина: снижение роста, анорексия, рвота, сухость кожи, дерматиты, грубость волосяного покрова, выпадение волос, изъязвление слизистой желудочно-кишечного тракта, воспаление и некроз слепой и ободочной кишок, развитие пеллагры - тяжелого заболевания с поражением не только желудочно-кишечного тракта, но и кожи, центральной и периферической нервной системы.

**Витамин В<sub>6</sub> (пиридоксин).** Биологическая доступность витамина В<sub>6</sub> из кормов недостаточно изучена. Потребность поросят в пиридоксине находится в пределах 1-2 мг/кг корма. Добавка витамина В<sub>6</sub> в рацион маток в дозе 2,1 мг/кг способствовала увеличению числа поросят в помете.



Симптомы дефицита: авитаминоз проявляется в торможении синтеза белков в организме, нарушении синтеза гормонов и минерального обмена (в частности, натрия). Общими симптомами являются: задержка роста, специфические поражения кожи, эпилептические припадки, нарушение процесса размножения, анемия. Триптофан - насыщающий тест, при котором конверсия триптофана в ниацин ухудшается, может определять статус витамина В<sub>6</sub> по увеличению концентрации ксантуриновой и кинуриновой кислот в моче.

Обогащение зерново-концентратных рационов витамином В<sub>6</sub> в целом необязательно, так как в кормах его достаточно, чтобы обеспечить потребность поросят.

**Витамин В<sub>7</sub>, Н (биотин).** Концентрация биотина и активность фермента пируват-карбоксилазы в плазме крови являются надежными методами оценки обеспеченности свиней биотином.

D-изомер – биологически активная форма биотина. Значительная часть потребности поросят в биотине покрывается за счет бактериального синтеза в желудочно-кишечном тракте. В свином молоке его содержание очень мало: всего 14 мкг в 1 л. На пшенично-ячменных рационах отмечено повышение скорости роста от добавки биотина. На кукурузно-соевых рационах при добавке от 110 до 800 мг/кг рациона никакого улучшения не отмечено.

На свиноматках было выявлено, что от добавки биотина улучшается крепость копыт, улучшается состояние кожи, волосяного покрова, уменьшается число трещин копытного рога. Действие добавки биотина 330 мкг/кг рациона супоросным и лактирующим маткам в разных исследованиях проявилось по-разному: в одних – наблюдалось увеличение числа поросят, улучшение состояния кожи и крепости копыт у маток, а в других – этого не отмечено.

Симптомы дефицита биотина: потеря волос, язвы и дерматиты кожи, отечность вокруг глаз, воспаление слизистой оболочки ротовой полости, проникающие трещины копыт и кровоточивость их нижней поверхности (рис. 48).



Рисунок 48. Проявление дефицита биотина на копытах свиней

Белок сырого яйца авидин образует с биотином стабильный комплекс, проходящий без изменения весь желудочно-кишечный тракт, что

делает витамин В<sub>7</sub> недоступным для животных. При этом 1 мг авидина связывает примерно 14 мкг биотина.

**Витамин В<sub>9</sub> (фолицин, фолиевая кислота, фолин).** Сами животные не способны к синтезу фолиевой кислоты.

Добавление в кукурузно-соевый рацион фолиевой кислоты в количестве 200 мг/кг корма в период супоросности повышает число живых поросят при рождении в помете и к отъему.

Внутримышечное введение свиноматкам 15 мг витамина В<sub>9</sub>, начиная от отъема поросят и до 60-го дня супоросности, способствует значительному увеличению числа поросят в помете. На основе исследований установлена потребность супоросных и лактирующих маток в фолиевой кислоте - 1,3 мг/кг корма.

Симптомы дефицита фолацина: неудовлетворительный рост, блеклый цвет волос, анемия, лейкопения, тромбопения, пониженный гематокрит, гиперплазия костного мозга. Во время беременности проявляется недоношенность плодов, гипотрофия и появление врожденных уродств у новорожденных, нарушение их развития.

**Витамин В<sub>12</sub> (цианокобаламин)** свиньям необходим витамин В<sub>12</sub>, однако, ответная реакция на его добавку различна. Синтез витамина В<sub>12</sub> микроорганизмами в кишечном тракте, а также капрофагия, свойственная свиньям, могут удовлетворить потребность свиней в нем.

Растительные корма, в отличие от кормов животного происхождения и ферментированных кормов, не содержат цианокобаламина. Коммерческие препараты В<sub>12</sub> – это продукты микробного синтеза.

Избыток цианокобаламина эффективно запасается в печени и постепенно используется при его дефиците в рационе. Потребность поросят в витамине В<sub>12</sub> не превышает 20 мкг/кг рациона.

В силу того, что в рационах свиней, стараясь избежать использования животных жиров, используют соевые бобы и зерновые, в которых,

как известно, мало витамина В<sub>12</sub>.

Симптомами его дефицита являются: при авитаминозе нарушается процесс кроветворения; у свиноматок нередко наблюдаются аборт, они теряют способность выкармливать потомство; поросята-сосуны плохо растут, у них истончается волосяной покров, нарушается двигательная функция, ухудшается использование питательных веществ корма, отмечаются рвоты, диарея, поражаются почки, развивается злокачественная анемия.

**Витамин С (аскорбиновая кислота).** Свиньи, могут синтезировать витамин С из глюкозы. Улучшает способность организма усваивать кальций и железо, выводит токсичные медь, свинец и ртуть. Важно, что в присутствии адекватного количества витамина С значительно увеличивается устойчивость витаминов А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>6</sub>, и Е.

В некоторых условиях поросята не способны достаточно быстро синтезировать витамин С, чтобы удовлетворить потребность в нем. Например, концентрация витамина С в плазме крови поросят, находившихся в условиях 29°C, была ниже, чем у поросят при 18°C. Однако при 19 или 27°C, добавка витамина С не улучшала ни их рост, ни конверсию корма.

Наблюдала значительное повышение приростов от добавки витамина С к низкоэнергетическому рациону. В одном из опытов получено значительное увеличение роста 1- 40-дневных поросят при добавке витамина С. На более взрослых и откормочных свиньях получены противоречивые результаты.

Отмечена быстрая остановка кровотечения пуповины у новорожденных поросят, когда супоросным маткам ежедневно скармливали 1 г витамина С, начиная за 5 дней до опоросов. Поросята от маток, которым добавляли витамин С, росли лучше до 3- недельного возраста, чем контрольные. В других опытах при добавках от 1 до 10 г аскорбиновой кислоты в день в период поздней супоросности положительного действия не наблюдали. Пупочное кровотечение отмечено не было.

Пока не ясно, в каких условиях полезно добавление витамина С, поэтому и нет четких норм его потребности для свиней.

## **Вода**

Хотя вода имеет важнейшее значение в питании, однако, ее качеству уделяется мало внимания. В теле новорожденных поросят содержится 82% воды, и с возрастом ее количество снижается в связи с увеличением доли сала, которое содержит всего лишь 5–10% воды.

Свиньи, как и другие животные, получают воду из 3-х источников:

- питьевая вода;
- вода в составе кормов;
- метаболическая вода, освобождаемая в результате распада в организме углеводов, жиров и белков. Так, при окислении 1 кг жира, 1 кг углеводов, 1 кг белков образуется 1190, 560 и 450 г воды соответственно.

Вода теряется из тела четырьмя путями: через легкие (при экспирации), кожу (при потоотделении), кишечник (при дефекации), почки (при диурезе). Вода постоянно теряется в процессе нормального дыхания. Вдыхаемый воздух согревается и увлажняется по мере прохождения через легкие и выдыхается, примерно, на 90% очищенный. В организме свиней обычно удерживается не более 25% воды. Так, у лактирующей свиноматки, потребляющей жидкий корм, суточное выделение избытка воды через легкие доходит до 6,5 л. Это выделение сопряжено с затратами 7- 8% обменной энергии корма. На 1 л испарения воды рас-

ходуется 575 ккал энергии, что равнозначно калорической ценности 200 г ячменя.

В термонейтральных условиях (20°C) потери воды в процессе дыхания определены в 0,29 и 0,58 л для поросят живой массой 20 и 60 кг соответственно. С увеличением окружающей температуры потери воды возрастают, но снижаются - с увеличением влажности.

Потеря воды через кожу в результате потоотделения не является у свиней главным путем, так как потовые железы у них слабо развиты. В пределах термонейтральной зоны скорость потери воды определена в пределах 12 и 16 г/м<sup>2</sup> поверхности тела. Увеличение температуры до +30°C повышает потерю воды с потом от 7 до 32 г/м<sup>2</sup>. При высокой относительной влажности воздуха этого не происходит.

**Потребность в воде.** Количество воды в теле относительно постоянно для определенного возраста свиней. Поэтому ежедневно животные должны потреблять достаточно воды, чтобы балансировать ее содержание в теле. Свиньи потребляют довольно много воды. Как правило, им необходимо 2,5-4 л воды на каждый кг потребленного сухого корма.

По технологическим нормативам комбикорм для свиноматок и откармливаемого молодняка разбавляется водой в соотношении 1:3. Такая консистенция не является физиологически оптимальной, к тому же на практике ее трудно поддерживать на необходимом уровне.

В условиях крупных свиноводческих комплексов эта консистенция колеблется пределах - от 78 до 85%. Кормление болтушками (влажность 78-85%) имеет целый ряд отрицательных сторон.

Во-первых, при использовании жидких кормов почти полностью отключаются слюнные железы, а ведь их участие в переваривании углеводов и подготовке к последующему гидролизу ферментами желудочного сока очень важно.

Во-вторых, избыточное количество воды повышает вывод из организма минеральных веществ. Так, повышение влажности комбикормов от 76 до 82% снижает использование кальция на 8,2%, фосфора – на 11,1; железа на 6,3-15,3; меди – на 9,5-13,5% соответственно.

И, наконец, в-третьих, с увеличением влажности кормов повышается скорость прохождения пищевых масс по желудочно-кишечному тракту, при этом снижается переваримость клетчатки.

Потребность в воде, во-первых, зависит от колебаний температуры воздуха в соответствующее время года и технологии кормления, а во-вторых, от возраста животных, а у свиноматок еще от стадии полового цикла, в которой они находятся. Воду следует давать в вычищенных корытообразных поилках. Можно использовать автоматические или ниппельные поилки, тогда животные в любое время суток имеют доступ к воде.

Поросята - сосуны. Считается, что поросята могут не пить воду, удовлетворяясь молоком матери, которое содержит 80% воды. В действительности, пороссятам необходима вода уже в первые 1-2 дня после рождения. Это объясняется тем, что молоко матери содержит много белка и минеральных веществ, что способствует повышенному мочеотделению, что, в свою очередь, вызывает дефицит воды в организме поросят. Проведенные исследования показали, что в первые 4 дня жизни, при свободном доступе к воде, поросенок в среднем выпивает 46 мл воды в сутки, с колебаниями от 0 до 200 мл. Потребление воды возрастает с повышением температуры в помещении. Поросята потребляют в 4 раза больше воды при 28°C в сравнении с тем, когда в помещении было 20°C.

Хорошее обеспечение водой помогает снизить смертность поросят до отъема. Слабые поросята в условиях повышенной температуры из-за дегидратации организма при отсутствии питьевой воды теряют активность, много лежат.

Одним из приемов быстрого обучения поросят к потреблению воды является наличие водной поверхности. В этом плане открытые емкостные поилки имеют несравненное преимущество перед ниппельными.

Замечено, когда вода подается через проточные поилки, поросята ее пьют в большем количестве, чем стационарную воду, поскольку последняя быстро загрязняется частицами корма, смываемыми во время питья с мордочек поросят.

**Поросята-отъемыши.** Потребление воды является одними из важнейших условий раннего приучения поросят к поеданию сухого престартерного корма. Потребность в ней в 1-ю, 2-ю и 3-ю недели после отъема в среднем составляет 0,5; 0,8 и 1,46 л на поросенка в сутки.

Потребление воды находится в прямой зависимости от потребления корма и определяется по формуле:

$$B = 0,149 + (3,053 \times K), \text{ где}$$

*B* - потребление воды, л/сут;

*K* - потребление комбикорма, кг/сут.

**Растущие и откармливаемые свиньи.** Для этой группы свиней желательно, чтобы поилки были рядом с кормушками, что содействует системе сухого кормления. Потребление воды имеет положительное значение на потребление корма и приросты. При кормлении вволю и свободном доступе к воде свиньи потребляют 2,5 л воды на каждый кг корма.

Когда свиней кормят ограниченно, было установлено, что они потребляют 3,7 л воды на кг корма. Различия между кормлением вволю и ограниченным может быть благодаря тенденции у поросят заполнять водой желудок, когда не удовлетворяется их потребность в корме. По-

ребление воды между периодами кормления достигало пика через 2 часа после утреннего кормления и через 1 час после вечернего кормления.

Свиньи, которые содержались в холодном помещении, пили по 3,3 л в сутки, когда вода была охлаждена до 11°C в сравнении с почти 4 л, когда вода была нагрета до 30°C. В противоположность этому, свиньи, которых содержали в жарком помещении, пили по 10,2 л, когда температура воды была 11°C, и только 6,6 л, при температуре воды 30°C.

Имеются сведения о том, когда в рационе содержание NaCl менее 0,2%, свиньи меньше потребляли воды, и их приросты снижались на 20-38%.

Использование антибиотиков может также влиять на потребление воды. Обычно это связано с уменьшением случаев диареи под действием антибиотиков.

Нахождение свиней в течение 24 часов без воды перед убоем ограничивало потребление корма и приводило к очевидной потере 3,5% живой массы.

**Супоросные свиноматки.** Потребление воды супоросными матками находится в прямой зависимости от количества потребленного корма. Перед осеменением в период течки свиноматки меньше потребляют корма и воды. Холостые свинки потребляют 10-11 л воды, а во вторую треть супоросности - до 15- 20 л.

Кормление свиноматок жидкими болтушками чревато тем, что животные вынуждены поедать в течение суток большой объем смеси: в заключительный период супоросности и в подсосный период - около 20 л. Естественно, это ведет к перегрузке пищеварительного тракта, что особенно опасно, когда брюшная полость заполнена плодом. Большой объем кормовой массы, поступившей в желудочно-кишечный тракт, сдавливает околозародышевый пузырь, пупочные канатики, замедляет приток питательных веществ и кислорода к плодам, вызывая тем самым их гибель или слабое развитие.

Повышение уровня клетчатки в рационе приводит к увеличению соотношения вода : корм. Уменьшение дачи корма и воды перед и после отъема поросят как прием, сокращающий период между отъемом и случкой свиноматок, ещё недостаточно подтвержден исследованиями.

**Лактирующие матки.** Нуждаются в значительном количестве воды, чтобы возместить ежедневные ее потери с молоком и мочой. Суточная потребность в воде варьирует от 12 до 40 л при среднем количестве 18 л/сут. Установка nippleных поилок на высоте от пола 600 или 300 мм не имело значения на количество потребляемой воды маткой. Не имело значения и то, когда вода из nippleных поилок шла со скоростью 2,1 или 0,6 л/мин.

**Хряки.** Потребление воды хряками при живой массе 100 кг составляет 15 л/сут при температуре 25°C и 10 л/сут при 15°C.

**Качество воды.** Вода может содержать повышенное количество макро- и микроэлементов, бактерий (сальмонеллу, лептоспиры, кишечную палочку), вирусов, патогенные простейшие, яйца гельминтов. Все они могут нанести большой вред свиньям в зависимости от видов и их концентраций. Бактериальное загрязнение более значительно в открытых водоемах, чем в подземных артезианских источниках.

Суммарное количество растворенных в воде неорганических веществ (РНВ) является мерой оценки их концентрации. Кальций, магний и натрий – в составе бикарбонатов, хлоридов, сульфатов – наиболее встречающиеся в воде вещества. Вода, содержащая более 6 г/л РНВ, может вызвать диарею у поросят и повышенное потребление воды, хотя на продуктивность поросят она оказывает незначительное или никакого действия.

При более высоком РНВ наблюдается диарея и менее твердые фекалии. Вода, содержащая РНВ 1 г/л, является безопасной, при 7 г/л может представлять опасность для супоросных, лактирующих маток и поросят. На фермах, где вода имеет высокую концентрацию РНВ, снижение уровня NaCl в рационе является общепринятым приемом. Оценка качества воды по уровню РНВ представлена в таблице 89.

Таблица 89. Оценка качества воды по уровню РНВ\*

РНВ, г/л	Качество	Примечание
< 1	Безопасное	Никакого вреда для поросят
от 1 до 2,999	Удовлетворительное	Слабая диарея у поросят, неадаптированных к воде
от 3 до 4,999	Удовлетворительное	Периодически может вызывать отказ от воды
от 5 до 6,999	Терпимое	Для племенных свиной использовать с осторожностью
> 7	Непригодное	Вредная для племенных свиной и поросят

\*По данным Nutrient Requirements of Swine, NRC, 1998.

В среднем рН воды находится в пределах от 6,5 до 8,5. Жесткость воды связана с высокой концентрацией Ca и Mg. Вода считается мягкой, если этих элементов менее 0,06 г/л, жесткой – между 0,12 и 0,18 и очень жесткой – больше 0,18 г/л. Даже очень жесткая вода не вызывает каких-либо нарушений у свиной. Есть факты, когда вода с высоким содержанием кальция обеспечивала на 30 % потребность в нем супоросных маток.

Высокое содержание сульфатов в воде является проблемой. Их концентрация на уровне более 7 г/л вызывает у поросят диарею и неудовлетворительный рост. При уровне 2,65 г/л поросята чувствуют себя нормально. Несмотря на запах тухлых яиц, вода с содержанием сульфатов 1,9 г/л отрицательно на поросят не действует.

При применении больших доз удобрений концентрация нитратов в воде может превысить допустимый уровень. Нитраты ухудшают способность эритроцитов переносить кислород из-за снижения количества гемоглобина в результате его инактивации с образованием метгемоглобина. Нитраты и нитриты ухудшают использование животными каротина и превращение его в витамин А. Уровень азота нитритов выше 12 мг/л, должен вызывать тревогу.

Считается допустимым содержание в воде для домашних животных не более 5000 бактерий кишечных форм на 100 мл воды, хотя некоторые патогенные микроорганизмы и при меньшем количестве могут представлять большую угрозу, в то время как другие в значительно большем количестве животными не воспринимаются.

Хлорирование дезинфицирует и убивает болезнетворные микроорганизмы. Протозоа и вирусы устойчивее к хлорированию, чем бактерии.

Обязательным условием является контроль качества воды не реже одного раза в год на наличие микро- и макроэлементов минеральных веществ, нитратов и нитритов, патогенную микрофлору.

В качестве руководства по безопасности воды следует использовать ниже приведенные нормативы максимально допустимых концентраций веществ в воде для домашнего скота, мг/л: кальций – 1000; азот нитратов – 100; азот нитритов – 10; сульфаты – 1000; алюминий – 5; мышьяк – 0,2; бериллий – 0,1; бор – 5; кадмий – 0,02; хром – 1; кобальт – 1; медь – 0,5; фтор – 2; свинец – 0,1; ртуть – 0,003; молибден – 0,5; никель – 1; селен – 0,05; уран – 0,2; ванадий – 0,1; цинк – 25.

#### **Проверочные вопросы.**

1. Как определить потребность свиней в обменной энергии на поддержание?
2. Что нужно знать для определения потребности свиней в обменной энергии факториальным методом на продукцию (ср. сут. прирост ж.м.).
3. Как определить потребность в чистом (ИИП) лизине на поддержание и продукцию?
4. Что такое идеальный белок. Какие белки можно отнести к идеальным?
5. Почему в основу расчетов потребности свиней в незаменимых аминокислотах берут лизин?



6. Как можно определить отложение жира и белка в среднесуточном приросте свиней по фазам роста?
7. Почему потребность в серосодержащих аминокислотах выражается суммой Метионин+Цистин?
8. Как определяют истинно переваримые (ИИП) аминокислоты на свиньях?
9. Почему нормирование по ИИП аминокислотам предпочтительнее нормирования по общим аминокислотам?

#### **Рекомендуемая литература**

1. Аминокислотное питание свиней: Рекомендации / В.Г. Рядчиков, Б.Д. Кальницкий, В.В. Щеглов, М.О. Омаров. – М.: МСХ РФ, 2000. - С. 62.
2. Вальдман А. Р. Витамины в животноводстве. - Рига: Зинатне, 1977. - 352 с.
3. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справ. пособие, 3-е перераб. и дополн. издание / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова и др. – М., 2003.
4. Новое в кормлении животных/ Справочное пособие. Авторский коллектив: Фисинин В.И., Калашников В.В., Драганов И.Ф. и др.// М., Издательство РГАУ-МСХА, 2012.-612 с.
5. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справ. пособие, 3-е перераб. и дополн. издание / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова и др. – М., 2003.
6. Рядчиков В.Г. Обмен веществ у моногастричных животных при балансе и имбалансе аминокислот и пути повышения биологической ценности белка зерна злаковых культур: Дис. док. биол. наук. – Краснодар, 1981.
7. Рядчиков В.Г. Концепция рационального использования белка при кормлении свиней // Вестник РАСХН. – 2000. – № 1. – С. 59–62.
8. Рядчиков В.Г. Производство и рациональное использование белка (от Т. Осборна до наших дней) // Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – С. 17–69.
9. Солдатов А.А., Викторов П.И. Краснодар, Система оценки энергетической питательности кормов, рационов и сбалансированного кормления животных, 2002.

## Нормы питания и рационы для сельскохозяйственной птицы

### Энергия

Потребность птиц в энергии складывается из потребности на поддержание, продукцию в виде яиц, белка и жира в приросте живой массы, регуляции температуры тела в зависимости от температуры окружающей среды. Энергетическая потребность несушек в умеренном температурном диапазоне может быть вычислена факториально по уравнению:

$$\text{Ккал/птицу/день} = W^{0,75}(173 - 1,95T) + 5,5\Delta W + 2,07EM, \text{ где}$$

W – вес тела в килограммах,

T – температура в птичнике, °C,

EM – суточная масса яйца, г/птицу/день

$\Delta W$  – средний прирост птицы, г/день

Как все другие виды животных, энергию птица получает в результате окисления углеводов, жиров, аминокислот. Финал окисления, которое происходит в митохондриях клеток, заключается в переносе электронов на кислород с образованием  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Энергия аккумулируется в белках, жире, откладываемых в теле, а также в форме высокоэнергетических фосфатных связей АТФ.

Энергия кормов не полностью доступна, так как определенное количество теряется в непереваренных остатках. Поэтому обменную энергию у птиц нетрудно определить с учетом ее потерь в кале и моче, объединенных в помете. В мировой практике (США) используют показатель истинной обменной энергии (ИОЭ), в результате исключения из помета эндогенных экскретов, выделяемых птицей на голодном режиме (Sibbald, 1982). Обменную энергию для птиц чаще всего выражают в килокалориях или мегаджоулях на 100 г или 1 кг корма. Существует тесная связь между концентрацией энергии в кг комбикорма и концентрациями других компонентов – аминокислот, минеральных веществ и т. д.: при повышении концентрации энергии в кг корма необходимо повышать концентрацию всех остальных питательных веществ. И, наоборот, при снижении концентрации необходимо в той же мере снижать концентрацию остальных компонентов.

### Белок и аминокислоты

**Идеальное соотношение аминокислот в белке.** Понимание важности использования правильно сбалансированных по белку и аминокислотам кормов для птицы является первоочередной задачей. Это связано, во-первых, с тем, что белок и аминокислоты одни из наиболее дорогих компонентов корма. Во-вторых, большое беспокойство вызы-

вает загрязнение окружающей среды, в частности воды аммиаком, азотом, как и фосфором. Поэтому сельскохозяйственные предприятия должны наладить контроль азотного загрязнения и свести его к минимуму. В-третьих, низкокачественный белок может усугубить влияние теплового стресса на птицу.

Причина, по которой избыточное количество или плохое качество белка рациона вызывают увеличение теплопродукции, состоит в недостаточно эффективном их использовании на строительство белков тела и яйца. Белок, который не был использован по целевому назначению, должен перейти в нетоксичную форму в виде мочевой кислоты и выделиться из организма. На производство мочевой кислоты требуется существенное количество обменной энергии, необходимой для роста и формирования яйца. При дополнительном тепловом стрессе, связанном с метаболизмом белка и аминокислот, особенно, в условиях жары, снижается потребление кормов и продуктивность птицы. В связи с этим, подбор идеального аминокислотного белка помогает решить проблемы, возникающие при кормлении птиц.

Таблица 90. Аминокислотный состав белка яйца, тела цыпленка и идеального белка

Аминокислоты	Яйцо		Тело цыпленка		Идеальный белок	
	г/100 г белка	соотношение лизин=100%	г/100 г белка	соотношение лизин=100%	г/100 г белка	соотношение лизин=100%
Лизин	7,1	100	7,52	100	7,3	100
Гистидин	2,4	33,8	2,72	36,2	2,6	35,0
Аргинин	7,1	100	6,5	86,4	6,8	93,0
Треонин	5,1	71,8	4,6	61,2	4,8	66,0
Метионин	2,6	36,6	2,5	33,2	2,6	36,0
Цистин	1,7	23,9	1,2	16,0	2,6	36,0
Метионин+цистин	4,3	60,6	3,7	49,2	5,0	72,0
Триптофан	1,5	21,1	1,4	18,6	1,5	20,0
Валин	5,8	81,7	5,5	73,1	5,6	77,0
Изолейцин	5,6	78,9	5,6	74,5	5,6	77,0
Лейцин	8,5	119,7	8,7	115,7	8,5	117,0
Фенилаланин	4,3	60,6	4,2	55,9	4,2	58,0
Тирозин	4,3	60,6	3,4	45,2	3,9	53,0
Фенилаланин+тирозин	8,6	121,1	7,6	101,6	8,1	111,0
Глицин	3,2	45,1	6,8	90,4	3,4	46,5
Аланин	5,3	74,6	5,0	66,5	5,4	74,0
Глицин+аланин	8,5	119,7	11,8	156,9	8,8	120,5

Идеальный белок должен иметь состав и усвояемость незаменимых и заменимых аминокислот, в высокой степени соответствующем физиологическим потребностям птиц. Белок куриного яйца и тела цып-

лят представляют наиболее полноценный белок, чтобы его отнести к идеальному. Доказательством является то, что из яйца формируется живой цыпленок со всеми генетически запрограммированными структурами организма и физиологическими функциями. Учитывая это, мы предлагаем состав идеального белка для растущих цыплят яичных кроссов (таблица 90).

Предлагается состав идеального белка для цыплят-бройлеров в зависимости от действия на прирост живой массы, конверсию корма, отложению в теле азота и аминокислот (К. Кун: университет Арканзас США) (таблица 91).

Таблица 91. Идеальный белок по содержанию переваримых аминокислот для цыплят-бройлеров

Аминкислоты	Идеальное соотношение белка				
	Привес	Корм/привес	Накопление азота	Накопление аминокислот	Мочевая кислота
Аргинин	99,0	105,2	98,3	101,6	102,7
Аргинин*	104,9	116,9	103,6	105,2	114,4
Цистин	32,1	33,8	35,2	30,4	28,2
Глицин+серин	134,5	125,3	142,1	145,4	116,9
Гистидин	33,5	37,0	37,1	38,0	31,6
Изолейцин	77,4	76,0	81,3	83,2	77,5
Лейцин	123,5	126,8	138,6	138,4	131,9
Лизин	100	100	100	100	100
Метионин	35,5	36,1	38,1	36,7	31,8
Метионин+цистин	67,6	69,9	73,3	67,1	60,0
Фенилаланин	63,2	65,0	66,8	67,2	64,7
Фенилаланин+тирозин	125,5	124,9	125,7	н/о**	128,3
Треонин	75,4	70,0	73,5	74,8	64,7
Триптофан	19,1	19,2	19,6	20,1	19,4
Тирозин	62,2	59,9	58,9	н/о**	63,6
Валин	93,6	84,0	81,3	82,6	83,6
Потребность в лизине, %	0,874	0,876	0,876	0,856	0,925

В реальной жизни составление рационов с использованием концепции идеального белка не всегда представляется возможным, так как корма, особенно растительные не имеют идеального состава аминокислот, а их усвояемость бывает недостаточно удовлетворительной. При наличии данных о составе и усвояемости аминокислот кормов можно достичь идеального состава путем комбинирования кормов и препаратов аминокислот.

Перед наукой стоит задача разработать приемлемые для практики факториальные методы нормирования питания птиц.

## Нормы питания и рационы для молодняка и взрослых кур яичных кроссов

### Выращивание молодняка

Потребность в энергии и незаменимых аминокислотах в период выращивания должна быть определена и четко отрегулирована. Хотя птицы имеют тенденцию к потреблению достаточного количества корма для удовлетворения потребности в энергии, однако нельзя надеяться на оптимальную саморегуляцию в обеспечении оптимального роста и продуктивности.

Таблица 92. Рекомендуемые нормы питания в период выращивания молодняка и молодок в предкладковый и предпиковый периоды

Вес тела	0-6 недель	6-8 недель до	8-16 недель	Предкладковый 16-18 недель 5% продукт.	Предпиковый 18 недель до 50% прод.
Питательные вещества:					
Белок, % (мин.)	20	18	16	15,5	17,5
Обменная энергия, Ккал/кг(1)	2915-3025	2915-3025	2860-3025	2915-2970	2915-2970
Линолевая к-та, % (мин.)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5
Аминокислоты(2) (мин.):					
Аргинин, %	1,20	1,10	1,00	0,88	1,10
Лизин, %	1,10	0,90	0,75	0,75	0,88
Метионин, %	0,48	0,44	0,39	0,36	0,48
Метионин+Цистин, %	0,80	0,73	0,65	0,60	0,82
Триптофан, %	0,20	0,18	0,16	0,15	0,17
Треонин, %	0,75	0,70	0,60	0,55	0,68
Минералы (мин.):					
Кальций, %	1,00	1,00	1,00	2,75(3)	4,00(4)
Фосфор:					
Общий, %	0,78±	0,75±	0,72±	0,78±	0,78±
Доступный, %	0,50	0,48	0,46	0,50	0,50
Натрий, %(5)	0,19	0,18	0,17	0,18	0,18
Хлориды, %	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17
Калий, %	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

<sup>(1)</sup>Для перевода Ккал/кг в Мегаджоули, разделите Ккал/кг на 239,5.

<sup>(2)</sup>При увеличении или уменьшении обменной энергии в рационе (25-50 Ккал) от указанных уровней, соответственно нужно отрегулировать уровни остальных питательных веществ.

<sup>(3)</sup>Уровень Са должен быть увеличен минимум до 2,75% для предкладкового корма начиная с 16 недель или когда у птиц проявляются признаки зрелости (кровенатолненные гребешки). Как минимум 30 % добавляемого известняка должны иметь минимальный размер частиц 2250 микрон.

<sup>(4)</sup>Как минимум 40 % добавляемого известняка должны иметь минимальный размер частиц 2250 микрон.

(5) Добавление соли (NaCl) в количестве 0,3-0,4 % обеспечивает обычно необходимый уровень содержания натрия и хлоридов.

Первые 16 недель жизни для птицы являются наиболее критичными. Хороший уход и кормление в течении этого периода может гарантировать, что молодка поступит в птичник способной в полной мере развить и реализовать свой генетический потенциал. Ошибки, сделанные в течении первых 16 недель, позже уже не могут быть исправлены.

В день постановки цыплят на выращивание: в клетках необходимо наполнить водой поилки, чтобы цыплята начали пить. После трех-четырёх часов поения, дать корм; поместив его на бумаге в клетке, кормушки должны быть заполнены кормом.

Температурный режим: начиная с 31 °С, следует уменьшать температуру на 2°С в неделю, до достижения 21°С. Необходимо обращать внимание на признаки у цыплят перегревания (задыхающихся и сонных) или переохлаждения (скупивание) и делать соответствующие корректировки. Относительная влажность должна поддерживаться на уровне 40-60%. В первые два дня жизни у цыплят обычно поддерживают 22-24 часовое освещение интенсивностью в 10-20 люкс. На второй неделе уменьшают световой день до 20 часов с интенсивностью 5 люкс. Световой день уменьшают до 10 часов и к 3-6 неделям поддерживают его до 17 недель.

Таблица 93. Потребление корма в период выращивания цыплят яичных кроссов

Возраст в неделях	Ежедневно		Накопительно	
	г/птицу/день	ккал/птицу/день	граммов	ккал
1	14	41	98	287
2	17	50	217	637
3	21	60	364	1057
4	29	81	567	1624
5	39	116	840	2436
6	43	125	1141	3311
7	46	138	1463	4277
8	49	149	1806	5320
9	52	160	2170	6440
10	54	165	2548	7595
11	55	171	2933	8792
12	57	176	3332	10024
13	59	181	3745	11291
14	60	186	4165	12593
15	62	192	4599	13937

Выращивать молодняк необходимо в строгой изоляции от взрослых птиц. Важно поддерживать хорошее санитарное состояние в птичнике. В первые шесть недель следует раздавать корм дважды в день или чаще. По истечении шести недель, необходимо сверять потребление корма и вес тела с соответствующими таблицами как, например, для кросса Ну-Line (таблицы 93 и 94).

Таблица 94. Рекомендуемый вес птицы Ну-Line W-98 в период выращивания

Возраст в неделях	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Вес тела, г	65	110	180	260	350	450	550	650	750	850	930	1000	1070	1130	1180	1230	1270

Молодняк должен быть переведен в промышленный птичник в возрасте до 16 недель, т.е. до наступления возраста зрелости. За три дня до перевода молодняка рекомендуется добавлять в питьевую воду водорастворимые витамины и микроэлементы, продолжать их давать в течение трех дней после размещения. Это помогает снизить стресс во время перемещения.

По стандартной программе вакцинации все стада кур-несушек должны быть привиты против Ньюкасла, инфекционного бронхита, болезни Гамборо и энцефаломиелита.

### Питание и кормление взрослой птицы

Продуктивность современных яичных кроссов достигает 330 яиц/несушку/год.

Таблица 95. Нормы питания в период яйцекладки на птицу в день

	Пик продуктивности <sup>(2)</sup> 50 % прод. – 32 недели	32-44 недели <sup>(2)</sup>	44-58 недель <sup>(2)</sup>	58 недель + <sup>(2)</sup>
Белок, г/птицу <sup>(1)</sup>	16,50-17,00	16,00-16,50	15,50-15,75	15,00-15,25
Метионин, мг/птицу	400	376	352	327
Метионин+Цистин, мг/птицу	660	620	580	540
Лизин, мг/птицу	900	860	820	785
Триптофан, мг/птицу	175	170	165	160
Кальций, г/птицу	4,10	4,25	4,40	4,55
Фосфор (бщий), г/птицу	0,78	0,70	0,63	0,55
Фосфор (доступный), г/птицу	0,50	0,45	0,40	0,35
Натрий, мг/птицу	180	180	180	180
Хлорид, мг/птицу	160	160	160	160

Для кур-несушек Ну-Line W-98 нормы потребности в белке и аминокислотах разработаны с учетом возраста несушек, недель: 32; 32-

44; 44-58; 58 и старше и в зависимости от уровня энергии и потребления корма (таблицы 95, 96). Такое нормирование обеспечивает использование белка и корма с высокой эффективностью.

Таблица 96. Содержание питательных веществ в рационе в зависимости от суточного потребления корма

Пик продуктивности 50 % 32 недели									
Потребление	Рекомендуемая энергетическая ценность корма 2805-2915 ккал/кг								
г/птицу/день	% Белок	% Метионин	% Метионин + Цистин	% Лизин	% Триптофан	% Кальций	% Общ. Фосфор	% Доступный Фосфор	% Натрий
86	19,20	0,47	0,77	1,05	0,21	4,75	0,90±	0,58	0,21
91	18,15	0,44	0,73	0,99	0,20	4,51	0,86±	0,55	0,20
95	17,35	0,42	0,70	0,95	0,19	4,30	0,82±	0,52	0,19
100	16,50	0,40	0,66	0,90	0,18	4,10	0,78±	0,50	0,18
104	15,78	0,38	0,63	0,86	0,17	3,92	0,75±	0,48	0,17
32-44 недели									
Потребление	Рекомендуемая энергетическая ценность корма 2750-2860 ккал/кг								
г/птицу/день	% Белок	% Метионин	% Метионин + Цистин	% Лизин	% Триптофан	% Кальций	% Общ. Фосфор	% Доступный Фосфор	% Натрий
91	17,60	0,41	0,68	0,96	0,19	4,68	0,77±	0,50	0,20
95	16,76	0,40	0,65	0,92	0,18	4,45	0,73±	0,47	0,19
100	16,00	0,38	0,62	0,87	0,17	4,25	0,70±	0,45	0,18
104	15,30	0,36	0,60	0,83	0,16	4,07	0,67±	0,43	0,17
109	14,67	0,34	0,57	0,80	0,16	3,90	0,64±	0,41	0,17
44-58 недель									
Потребление	Рекомендуемая энергетическая ценность корма 2965-2860 ккал/кг								
г/птицу/день	% Белок	% Метионин	% Метионин + Цистин	% Лизин	% Триптофан	% Кальций	% Общ. Фосфор	% Доступный Фосфор	% Натрий
95	16,30	0,37	0,61	0,84	0,17	4,61	0,66±	0,42	0,19
100	15,50	0,35	0,58	0,80	0,16	4,40	0,63±	0,40	0,18
104	14,90	0,34	0,56	0,77	0,15	4,21	0,60±	0,38	0,17
109	14,20	0,32	0,53	0,73	0,15	4,03	0,58±	0,37	0,17
58 недель и старше									
Потребление	Рекомендуемая энергетическая ценность корма 2695-2860 ккал/кг								
г/птицу/день	% Белок	% Метионин	% Метионин + Цистин	% Лизин	% Триптофан	% Кальций	% Общ. Фосфор	% Доступный Фосфор	% Натрий
95	15,80	0,35	0,57	0,82	0,17	4,77	0,58±	0,37	0,19
100	15,00	0,33	0,54	0,78	0,16	4,55	0,55±	0,35	0,18
104	14,40	0,32	0,52	0,75	0,15	4,35	0,53±	0,33	0,17
109	13,75	0,30	0,50	0,72	0,15	4,17	0,50±	0,32	0,16



<sup>(1)</sup>Белок г/птицу/день может быть увеличен в соответствии с метионином (метионин+цистин) и обменной энергией, чтобы увеличить размер яйца.

<sup>(2)</sup>Корм для несушки должен быть составлен так, чтобы обеспечивать рекомендуемое содержание питательных веществ из расчета г/птицу/день, т.е. на голову в сутки, в зависимости от потребления корма.

<sup>(3)</sup>Низкие уровни энергии рекомендованы при высоком потреблении корма.

Потребность в абсолютных показателях – граммов белка, Са и Р, миллиграммов аминокислот на птицу в день представлена в таблице 95.

Таблица 97. Нормы добавок витаминов и минералов в комбикорма

Наименования	Период выращивания	Период яйцекладки <sup>x</sup>
<b>Добавление минералов на кг (минимум)</b>		
Марганец в виде MnO или MnSO <sub>4</sub> xH <sub>2</sub> O, мг	66	66
Цинк в виде ZnO или ZnSO <sub>4</sub> xH <sub>2</sub> O, мг	66	66
Железо FeSO <sub>4</sub> x7H <sub>2</sub> O, мг	33	33
Медь CuO или CuSO <sub>4</sub> x7H <sub>2</sub> O, мг	4,4	8,8
Йод, мг	0,9	0,9
Селен селенит натрия, мг	0,30	0,30
<b>Добавление витаминов на кг</b>		
Витамин А, МЕ	8.800	7.700
Витамин Д <sub>3</sub> , МЕ	3.300	3.300
Витамин Е, МЕ	6,6	6,6
Витамин К, мг	0,55	0,55
Рибофлавин, мг	4,4	4,4
Витамин В <sub>12</sub> , мкг	8,8	8,8
Пантотеновая кислота, мг	5,5	5,5
Фолиева кислота, мг	220	110
Биотин, мг	0,55	†
Ниацин, мг	27,5	22
Холин, мг	275 <sup>xx</sup>	275

<sup>x</sup>принимается, что потребление корма составляет 100 г/птицу/день,

<sup>xx</sup> может быть уменьшен наполовину после 8-ой недели,

† если корм основан на кукурузе, то биотин в рацион несушек не добавляется.

**Потребление корма.** Количество корма, потребляемое курами, зависит от многих факторов, таких как: уровня энергии и аминокислот, температуры в птичнике, продуктивности, размера яйца и веса тела.

В таблице 98 представлено ожидаемое потребление корма для несушек кросса W-98 в условиях нейтральной температуры (21°C) с использованием рационов современного типа. Суточные показатели энергии рассчитаны по формуле, приведенной ранее, и принимая данные стандартного веса кур, продуктивности и размера яиц, при температуре окружающей среды приблизительно 26,7°C. Правилom для определения влияния температуры на потребность в энергии является: на каждый

градус по Цельсию выше или ниже средней температуры, следует соответственно отнять или прибавить около двух ккал на птицу в день.

Таблица 98. Потребление корма взрослой птицей

Возраст в неделях	г/птицу/ день	ккал/птицу/ день	Возраст в неделях	г/птицу/ день	ккал/птицу/ день
17	67	208	49	102	289
18	72	210	50	102	289
19	78	220	51	102	289
20	83	240	52	102	289
21	88	260	53	103	290
22	91	270	54	103	290
23	93	275	55	103	290
24	95	280	56	103	290
25	97	283	57	103	290
26	97	284	58	103	290
27	98	284	59	103	290
28	98	284	60	103	290
29	98	285	61	103	291
30	99	285	62	104	291
31	99	286	63	104	291
32	100	286	64	104	291
33	100	286	65	104	291
34	100	286	66	104	291
35	100	286	67	104	291
36	100	286	68	104	291
37	100	286	69	105	291
38	100	286	70	105	292
39	100	286	71	105	292
40	101	287	72	105	292
41	101	287	73	105	292
42	101	287	74	105	292
43	101	287	75	105	292
44	101	288	76	106	292
45	101	288	77	106	292
46	101	288	78	106	292
47	101	288	79	106	292
48	102	289	80	106	292

**Концентрация энергии.** Повышенная концентрация энергии корма полезна, когда потребление энергии является ограничивающим фактором. Такой критический период бывает между переводом молодых во взрослый птичник и пиком продуктивности. Куры, потребляющие меньше 270-280 ккал/птицу/день в период пиковой продуктивности, имеют тенденцию к спаду постпиковой продуктивности и уменьшению размера яйца. Тепловой стресс также приводит к уменьшению потребления корма и энергии. Добавление жира или масла обычно помогает поддержать продуктивность и размер яйца, при высокой окружающей температуре.

Жир является концентрированным источником энергии, что очень полезно при необходимости увеличения энергии в кормах. Другое его преимущество состоит в том, что при его расщеплении образуется незначительное количество тепловой энергии, что немаловажно при высоких температурах. В растительных маслах обычно высокое содержание линолевой кислоты, которая положительно влияет на размер яйца, допустимо использовать смесь растительного и животного жиров. В тоже время, увеличение размера яйца сопровождается снижением толщины и прочности скорлупы.

Если в рацион добавлен жир (и таким образом увеличена калорийность корма), необходимо, пропорционально концентрации энергии увеличить другие питательные вещества, чтобы выдержать соотношение белка, аминокислот, минералов, витаминов на 1000 ккал ОЭ.

**Размер яйца.** Размер яйца может зависеть от потребления таких питательных веществ как белок, метионин, обменная энергия, линолевая кислота, в некоторых случаях также изолейцин и треонин. Увеличенное потребление одного или более из указанных питательных веществ больше, чем рекомендовано нормами, провоцирует раннее увеличение размера яйца.

**Потребление воды.** Потребление воды зависит от температуры и потребления корма. Потребление корма (потребление калорий) также зависит от температуры. Установлено, что при нормальной температуре 20-25°C, при которой птицы чувствуют себя комфортно, они выпивают воды в два раза больше съеденного корма. Это соотношение изменяется при повышении температуры, поскольку потребление корма уменьшается, а потребление воды увеличивается. В таблице приведено ожидаемое потребление воды при средних условиях. Температурные колебания могут изменить фактическое потребление на  $\pm 15\%$  (таблица 99).

Таблица 99. Потребление воды при среднесуточной температуре в птичнике

Недели яйценоскости	15,6°C	21,1°C	26,7°C
	Потребление воды на 1000 несушек в день		
	литры	литры	литры
1	136	155	193
2	170	193	254
3	186	208	280
4	193	220	292
5	201	227	307
6-7	208	239	322
8-12	201	227	310
13-18	193	220	295
19-38	186	208	284
39-49	178	201	265
50-60	170	193	254

## Нормы питания и рационы для цыплят-бройлеров

### Продуктивность и затраты корма

Бройлер – обозначает категорию птицы на продажу в возрасте 5-7 недель и может применяться для всех видов птиц. Когда-то бройлер был побочным продуктом в яичной индустрии, где петушки, отделенные от курочек, выращивались на мясо. По мере увеличивающегося спроса на мясо кур, селекционеры создали специальные мужские и женские линии мясных пород. При скрещивании этих линий получается промышленный гибридный молодняк с повышенным потенциалом роста. Скорость роста бройлеров продолжает увеличиваться из года в год по мере увеличения эффекта гетерозиса, улучшения питания, совершенствования технологии содержания и контроля за болезнями.

Показатели продуктивности современных бройлерных кроссов заключаются в их быстром росте, отложении большой пропорции грудной и бедренной мышц, в их относительно невысокой физической активности по сравнению с цыплятами яичных кроссов.

Таблица 100. Потребление корма, живая масса бройлеров современных кроссов

Возраст, неделя	Петушки			Курочки		
	Живая масса, г	Потребление корма по нарастанию, г	Конверсия корма	Живая масса, г	Потребление корма по нарастанию, г	Конверсия корма
1	175	150	1,07	165	135	1,07
2	450	475	1,16	410	430	1,16
3	885	1110	1,31	830	1040	1,32
4	1485	2035	1,41	1290	1825	1,46
5	2170	3195	1,50	1800	2820	1,60
6	2900	4645	1,62	2345	3955	1,73
7	3635	6200	1,73	2895	5335	1,87

### Схема кормления и нормы питания

Существует несколько схем выращивания бройлеров. Наиболее часто применяется схема: старт (0 – 14 дней), рост (15 – 28 дней), финиш (28 – до убоя). В соответствии с этой схемой разработаны рекомендации по содержанию питательных веществ в рационах бройлеров (таблица 101).

Таблица 101. Рекомендуемое содержание питательных веществ в рационах бройлеров, не разделенных по полу

		Старт		Рост		Финиш	
Возраст	Дней	0 – 14		14-28		29 до убоя	
Сырой белок	%	22-25		20-22		18-20	
Энергии на кг	Ккал.	3010		3175		3225	
	МдЖ	12,60		13,30		13,50	
Аминокислоты							
		ОАК	УАК	ОАК	УАК	ОАК	УАК
Аргинин	%	1,48	1,33	1,28	1,16	1,07	0,96
Изолейцин	%	0,95	0,84	0,82	0,72	0,68	0,60
Лизин	%	1,44	1,27	1,23	1,08	1,00	0,88
Метионин	%	0,51	0,47	0,45	0,41	0,37	0,34
Метионин +иистин	%	1,09	0,94	0,95	0,82	0,80	0,69
Треонин	%	0,93	0,80	0,80	0,69	0,68	0,58
Триптофан	%	0,25	0,22	0,21	0,18	0,18	0,16
Валин	%	1,09	0,94	0,94	0,81	0,78	0,67
Минеральные вещества							
Кальций	%	1,00		0,90		0,85	
Усвояемый фосфор	%	0,50		0,45		0,42	
Магний	%	0,05-0,5		0,05-0,5		0,05-0,5	
Натрий	%	0,16		0,16		0,16	
Хлориды	%	0,16-0,22		0,16-0,22		0,16-0,22	
Калий	%	0,40-0,90		0,40-0,90		0,40-0,90	
Микроэлементы (на кг)							
Медь	мг	8		8		8	
Йод	мг	1		1		1	
Железо	мг	80		80		80	
Марганец	мг	100		100		100	
Молибден	мг	1		1		1	
Селен	мг	0,15		0,15		0,10	
Цинк	мг	80		80		60	
ВИТАМИНЫ (на кг)							
		корм на основе пшеницы кукурузы		корм на основе пшеницы кукурузы		корм на основе пшеницы кукурузы	
Витамин А	МЕ	15000	14000	12000	11000	12000	11000
Витамин D3	МЕ	5000	5000	5000	5000	4000	4000
Витамин Е	МЕ	75	75	50	50	50	50
Витамин К	мг	4	4	3	3	2	2
Тиамин (В1)	мг	3	3	2	2	2	2
Рибофлавин (В2)	мг	8	8	6	6	5	5
Никотиновая кислота	мг	60	70	60	70	35	40
Пантотеновая кислота	мг	20		18	20	18	20
Пиридоксин	мг	5	4	4	3	3	2
Биотин	мг	0,20	0,15	0,20	0,15	0,05	0,05
Фолиевая кислота	мг	2,00	2,00	1,75	1,75	1,50	1,50
Витамин В12	мг	0,016	0,016	0,016	0,016	0,011	0,011
Холин/кг	мг	1800		1600		1400	
Линолевая кислота	%	1,25		1,20		1,00	

ОАК - общее аминокислоты, УАК –усвояемые аминокислоты.

Составление рационов для бройлеров следует делать с учетом содержания переваримых (усвояемых) аминокислот в кормах при этом с учетом концентрации обменной энергии в итоговом комбикорме. Оптимальное соотношение лизина и энергии контролируется для каждой фазы выращивания.

Соотношение между аргинином и лизином, указанное в таблице 102 приведено с учетом требований, связанных с ростом бройлеров. Доказано, что более высокие показатели соотношения аргинин/лизин обеспечивают более надежную защиту птиц от теплового стресса, асциты и бактериальных инфекций.

Таблица 102. Содержание усвояемых аминокислот в идеальном белке бройлеров

Усвояемая аминокислота	Старт	Рост	Финиш
Аргинин	105	107	109
Изолейцин	66	67	68
Лизин	100	100	100
Метионин	37	38	39
Метионин+цистин	74	76	78
Треонин	63	64	66
Триптофан	17	17	18
Валин	74	75	76

**Стартерные рационы.** В течение первых 3 дней основная доля корма должна даваться на расположенную, на полу бумагу. В дальнейшем нужно корм подавать в кормушки 3-4 раза в день до полного поедания каждой дачи. Основной задачей стартерного периода выращивания (с первого по 10-14 дни жизни) является формирование хорошего аппетита и достижение максимальных темпов роста на ранней стадии выращивания птиц, не менее, чем 160-граммовой живой массы по состоянию на седьмой день. Стартерный корм следует давать бройлерам в течение 7-10 дней. Затраты на стартеры составляют малую долю общих затрат на кормление бройлеров, поэтому при составлении стартерного рациона следует учитывать скорее его влияние на показатели роста и здоровья птиц, чем стоимость.

Приведенные в приложении 17 показатели содержания усвояемых аминокислот призваны обеспечить максимальный рост птиц в ранний период. Это важно для всего современного производства бройлеров и, особенно, при содержании бройлеров в неблагоприятных условиях или, когда упор делается на производстве грудинки.

Пищеварительная система цыплят в первые дни находится в стадии развития, поэтому необходимо следить за тем, чтобы питательные вещества в используемых кормах были усвоены птицами. В неблаго-

приятных условиях специальные престаартеры (0-7 дней) могут принести некоторую пользу. Они могут включать: ингредиенты, отличающиеся высокой усвояемостью при высокой концентрации питательных веществ, особенно энергии, аминокислот, витамина Е и цинка; пребиотики и пробиотики; стимуляторы иммунной системы: эфирные масла, нуклеотиды и т.д.; стимуляторы потребления корма, форма корма, повышенное содержание натрия, ароматические и вкусовые добавки и т.д.;

В тех хозяйствах, где основным видом зерна является пшеница, очень полезно ввести некоторое количество кукурузы. Общий уровень содержания жиров должен быть <5%, особенно следует избегать сочетания насыщенных (животных) жиров и пшеницы.

**Ростовые рационы.** Корма периода роста обычно следует использовать в течение 15-28 дней после завершения кормления стартером. Переход от стартера к росту должен включать в себя изменение текстуры корма: вместо крошки – гранулы. Для достижения максимального высоких показателей необходимо использовать высококачественный комбикорм. Если нужны какие-либо ограничения в росте птиц, то этого нужно добиваться именно в ростовой период. За счет ограничения потребления корма, укорочения светового периода. Не рекомендуется ограничивать рост птиц путем изменения состава рациона.

**Финишные рационы.** На финишный корм приходится основная доля затрат, поэтому составление этих рационов следует осуществлять с учетом экономических соображений. В этот период возможны очень быстрые изменения в строении тела бройлеров, поэтому нужно тщательно следить за тем, чтобы не допустить излишнего отложения жира и уменьшения объема грудного мяса.

### **Компоненты и физическая структура рационов**

**Минеральные вещества.** Рост птиц, конверсия корма, развитие костяка, состояние здоровья ног и иммунной системы зависит от обеспеченности птиц кальцием. Высокий уровень фитазы в рационах оказывает неблагоприятное влияние на усвоение кальция. Большое количество жирных кислот в рационе также может ухудшить усвоение Са.

**Фосфор.** Важно, чтобы содержание усваиваемого фосфора в комбикорме соответствовало потребности птиц. Использование ферментного препарата фитазы может существенно повысить усвоение Са и Р.

**Магний.** Потребность в магнии обычно удовлетворяется без необходимости использования специальных добавок. Излишняя концентрация магния (более 0,5%) может вызвать у птиц понос.

**Натрий, калий и хлориды.** Тщательное регулирование потребления птицам хлоридов осуществляют путем использования бикарбоната натрия и хлорида натрия. При составлении рациона все источники

хлоридов в кормовых ингредиентах должны быть учтены, например, в лизине- гидрохлориде и холин-хлориде.

Электролитический баланс имеет важное значение для бройлеров, в особенности, в условиях теплового стресса. Количество анионов в витаминных и минеральных премиксах следует всегда учитывать при определении ионного баланса конечного корма. При рекомендуемых уровнях натрия и хлоридов электролитический баланс (натрий+калий-хлориды) будет составлять около 210 мэкв/кг.

**Микроэлементы.** Микроэлементы в обязательном порядке вводятся в корм в составе премиксов при этом в легкоусвояемой форме. Органические элементы обладают более высокой усвояемостью. Имеются доказательства, что увеличение содержания цинка и селена в организме бройлеров положительно сказывается на их оперении и иммунной реакции.

**Витамины.** Являются обязательными компонентами комбикормов. В целом же стратегия должна состоять в ликвидации или снижении действия стрессов и не зависеть от постоянного использования повышенных доз витаминов. Касаясь действия некоторых витаминов, следует подчеркнуть, что витамин С может оказать положительное влияние на уменьшение теплового стресса. Основная потребность цыплят-бройлеров в витамине Е составляет 10-15 мг на кг. Потребность в дополнительных дозах витамина будет зависеть от уровня содержания и типа жиров, используемых в рационе, уровня содержания селена и наличия антиоксидантов. Термическая обработка кормов приводит к разрушению до 20% витамина Е. При повышении уровня содержания витамина Е до 300 мг на кг наблюдаются укрепление иммунной системы птиц и увеличение срока годности мяса бройлеров при его хранении. Уровни содержания витамина Е, приведенные в таблице 54, подходят для здоровых бройлеров, содержащихся в нормальных условиях, однако возможны ситуации (например, вспышки заболеваний), когда повышение уровня содержания витамина Е будет оправдано. Что касается действия витаминов А, Д, К, группы В, читайте раздел «Витамины».

**Ферменты** (глюконаза, ксиланаза, пектиназа). Появляется все больше доказательств того, что кормовые ферменты (энзимы) могут повлиять на улучшение микрофлоры кишечника птиц и повышению переваримости некрахмальных полисахаридов. Такое взаимодействие отмечается особенно, когда в качестве основного зернового компонента используется пшеница. Использование углеводных ферментов позволяет включать в рацион большее количество ячменя и тритикале.. Эти ферменты являются экономически выгодными.

**Медицинские и профилактические лекарственные средства:** вместе с кормом птицам может вводиться широкий спектр лекарствен-



ных веществ, в том числе антибиотиков. В данном случае необходим ветеринарный контроль за применением названных средств.

**Пробиотики:** поставляют в пищеварительный тракт молочнокислые микроорганизмы, что способствует созданию стабильной и качественной микрофлоры.

**Пребиотики:** представляют из себя группу веществ, стимулирующих рост полезных микроорганизмов в кишечнике. В настоящее время самую большую группу этих продуктов составляют олигосахариды, например лактулоза и др.

**Органические кислоты**(пропионовая,лимонная,молочная): в бройлерном производстве возрастает важность подкисления корма. Органические кислоты могут воспрепятствовать бактериальному заражению корма и стимулировать развитие полезной микрофлоры в пищеварительном тракте птиц.

**Абсорбенты:** абсорбенты используются, в основном, для адсорбирования микотоксинов. Они также могут оказывать общий положительный эффект на здоровье птиц и усвоение ими питательных веществ. В качестве абсорбентов используются различные продукты из глины, угля.

**Антиоксиданты:** могут играть важную роль в предотвращении потерь питательных веществ в бройлерных кормах. Некоторые ингредиенты корма, например, рыбий жир или растительные и животные жиры, обычно бывают защищены от разрушения антиоксидантами, если не соблюдаются оптимальные сроки и условия хранения.

**Противоплесенные добавки** вводят в уже зараженные плесенью ингредиенты или в комбикорма в целях замедления роста грибков.

**Связующие вещества для гранулирования кормов** применяются для повышения твердости гранул. Закрепители гранул (например, хемицеллюлоза, бентонин, Гуар Гам) составляют до 2,5%.

Другими продуктами, которые могут использоваться в бройлерном производстве являются, помимо прочего, эфирные масла, нуклеотиды, глюконаты и специальные растительные экстракты.

**Витаминные и минеральные премиксы.** Для балансирования кормов обычно используют витаминные и минеральные премиксы. Холлин-хлорид, в силу его высокой гигроскопичности, добавляют отдельно. Для снижения риска окисления компонентов витаминные смеси нужно хранить в прохладном, сухом и темном месте. Рекомендуется также включать в состав премиксов антиоксиданты. В таблице 14 содержится перечень возможных потерь в бройлерных кормах под влиянием некоторых факторов. Уровень витаминных потерь может быть и выше в том случае, если для защиты корма от бактерий применяется термическая обработка.

**Форма корма.** Для улучшения показателей роста бройлеров и конверсии корма обычно используются стартерные корма в виде просеянной крошки, а корма для выращивания и финишеры – в виде гранул диаметром 2-3 и 3 мм. Воздействие тепла в процессе гранулирования корма улучшает усвояемость питательных веществ и значительно снижает зараженность корма микробами. При потреблении гранулированного корма затраты энергии у птиц снижаются. Для облегчения поглощения бройлерами гранул необходимо включить в их состав дополнительно не менее 0,5-1,0% жира. Слой дополнительного жира можно покрыть поверхность готовых гранул, чтобы повысить энергетическую ценность корма, не снижая при этом твердости и прочности гранул. Удовлетворительные показатели бройлеров могут быть достигнуты при отсутствии гранулированного корма, если основным зерновым компонентом корма является кукуруза. Включение в состав мешанки некоторого количества жира позволит избежать распыления корма.

**Кормление с использованием цельной пшеницы.** Практика кормления бройлеров смесями из комбикормов (в виде гранулированного корма) и пшеницы очень широко распространена в Европе. Можно использовать и любое другое цельное зерно. В стартерный рацион с 4-7 дней можно ввести 1-2% цельной пшеницы, в ростовой до 10%, в финишный до 15%. Кормление птиц цельным зерном позволяет снизить затраты на производство корма и, возможно, на транспорт. Кормление цельным зерном способствует образованию лучшей микрофлоры в пищеварительном тракте, повышению пищеварительной активности и улучшению качества помета. Есть доказательство, что кормление цельным зерном повышает сопротивляемость коцидиозу. Что касается отрицательных моментов, то здесь можно отметить некоторые потери в выходе мяса потрошенной тушки и мяса грудки. Кроме того, дополнительные затраты связаны с необходимостью обрабатывать зерно органическими кислотами для защиты от сальмонеллы.

Содержания в рационе цельного зерна необходимо учитывать при балансировании комбикормов. Если в составе комбикормов не учитывают состав введенного в него цельного зерна, то рост птиц будет замедленным, показатели конверсии корма ухудшаться, привес грудного мяса будет меньше, а само мясо птиц будет отличаться повышенной жирностью. Необходимо, чтобы смесь комбикорм+зерно соответствовали нормам потребности во всех элементах питания.

**Жиры.** Жиры растительного или животного происхождения благоприятно сказываются на улучшении усвоения энергии. Животные жиры в отличие от растительных содержат больше насыщенных жирных кислот, которые хуже усваиваются, особенно, при недостаточно развитой пищеварительной системой цыплят. В стартерах и гроуэрах рекомендуется использовать жировые смеси, содержащие более высокий

процент ненасыщенных жиров. Эти жировые смеси не подходят для финишеров, поскольку высокий уровень содержания ненасыщенных жиров может оказать отрицательный эффект на жирность и сроки хранения мяса тушек. Жировые смеси, используемые в финишерах должны содержать более высокий процент животных жиров.

**Микроклимат.** Температура в птичнике (°С) при относительной влажности 65-70:

1д – 30°С, 3д – 29°С, 6д – 28°С, 9д – 27°С, 12д – 26°С, 15д – 25°С,  
18д – 24°С, 21д – 23°С,

24д – 22°С, 27д и далее – 21°С.

Продолжительность светового дня и интенсивность освещения: 0 – 7д – 23ч свет – 1ч темнота, не менее 20 люкс; 7-12д – 23ч свет – 1д темнота, 15 люкс; 21д и до убоя – 23ч свет – 1ч темнота, 10 люкс.

### **Метаболические заболевания.**

Основными метаболическими заболеваниями у бройлеров являются асцит, синдром внезапной смерти (СВС) и болезни ног. Асцит (известный также под названием «брюшная водянка») - это скопление жидкости в брюшной полости, что сопровождается повышенным давлением в легочных артериях (синдром pulmonарной гипертензии). Причиной синдрома внезапной смерти является мерцание желудочков сердца. Возникновение асцита и СВС обуславливается многими факторами. При выявлении высокой заболеваемости асцитом следует проверить следующие параметры:

- уровень вентиляции в инкубаторе и на ферме, который должен обеспечивать удаление вредных газов и подачу необходимого количества кислорода;

- правильность и стабильность температурного режима;

- режим кормления. Кормление мешанкой вместо гранулированного корма в течение 7-10 дней может предотвратить вспышку асцита.

**Системы поения.** Круглосуточный доступ бройлеров к воде имеет важнейшее значение. Недостаточная подача воды, будь то малое количество самой воды или поильных точек, вызывает снижение темпов роста птиц. Для того, чтобы обеспечить водой в достаточном количестве, следует ежедневно следить за соотношением потребления воды и корма. Считается, что потребление воды достаточное, если соотношение количества потребляемых воды (мл или л) и корма (г или кг) составляет 1,8: 1 (1,6: 1 при использовании nippleных поилок). В таблице 24 указаны типичные показатели потребления воды при использовании различных систем поения для бройлеров. Птицы потребляют больше воды при более высокой окружающей температуре. Потребность в воде возрастает примерно на 6,5% в расчете на каждый 1°С выше 21°С.

Таблица 103. Потребление воды бройлерами при температуре 21°C (в литрах на 1000 птиц)

	Ниппельные поилки без каплеулавливающих чашек			Ниппельные поилки с каплеулавливающими чашками			Поилки колокольного типа		
Потребление воды	1,6л на кг корма			1,7 л на кг корма			1,8 л на кг корм		
Возраст (дней)	Петушки	Куры	Несортированное по полу стадо	Петушки	Куры	Несортированное по полу стадо	Петушки	Куры	Несортированное по полу стадо
7	64	60	62	68	64	66	72	67	69
14	113	106	109	120	112	116	128	119	123
21	177	160	169	189	170	180	200	180	190
28	242	211	227	258	224	241	273	237	255
35	293	246	270	311	261	286	330	277	303
42	339	274	307	360	291	326	381	308	345
49	369	287	330	392	305	350	415	323	371
56	381	282	333	405	300	354	428	318	375

#### Проверочные вопросы.

1. Из каких потребностей складывается общая потребность в обменной энергии, аминокислотах у бройлеров и кур-несушек. В чем заключается суть факториального метода определения потребности в энергии и аминокислотах.
2. Какие незаменимые аминокислоты необходимо в первую очередь контролировать в рационах сельскохозяйственных птиц и почему?
3. Для каких периодов выращивания молодняка яичных кроссов необходимы нормы питательных веществ для составления рационов.
4. Для каких периодов выращивания бройлеров необходимо знать нормы питательных веществ и составлять рационы.
5. Назовите нормы концентрации в 1 кг комбикорма ОЭ ккал или МДж, сырого белка, лизина и метионина+цистина для яичных цыплят 1-7 недель и бройлеров в стартерный период.
6. В каких кормах низкая доступность Са и Р для птиц, пути обеспечения рационов доступными Са и Р.
7. Как влияют на крупность яиц кормовые факторы. Какие негативные свойства яиц обусловлены высокой крупностью.
8. Возможности смягчения теплового стресса у птицы пищевыми и технологическими средствами.
9. Предельно допустимые добавки жира в рационы несушек и бройлеров. Качественные показатели жиров.
10. Нормы концентрации ОЭ, сырого белка, лизина, метионина+цистина в комбикормах для кур-несушек в пик яйцекладки.

11. Что такое идеальный белок, его значение в питании птицы.
12. Пробиотики и пребиотики. Что это такое и зачем их применяют в птицеводстве?
13. Микотоксины кормов, их действие на здоровье и продуктивность, методы борьбы с микотоксинами.
14. Какие компоненты входят в состав премиксов для сельскохозяйственной птицы.
15. Примерные среднесуточные приросты и затраты корма на кг прироста живой массы у бройлеров.
16. Яйценоскость кур современных кроссов и затраты корма на 10 яиц.

#### **Рекомендуемая литература**

1. Новое в кормлении животных/ Справочное пособие. Авторский коллектив: Фисинин В.И., Калашников В.В., Драганов И.Ф. и др.// М., Издательство РГАУ-МСХА, 2012.-612 с.
2. Архипов А.В. Липидное питание, продуктивность птицы и качество продуктов птицеводства / А.В. Архипов. М.: Агробизнес-центр (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений), 2007. 440 с.
3. Нормирование кормления сельскохозяйственной птицы по доступным (усвояемым) незаменимым аминокислотам: методические рекомендации. Сергиев Посад, 2006. 79 с.
4. Фисинин В.И. Научные основы кормления сельскохозяйственной птицы / В.И.Фисинин и др. Сергиев Посад, 2009. 349 с.
5. Nutrient Requirement of Poultry. Ninth Edition, NRC, USA, 1994, 155 p.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

### Приложение 1. Состав кормов для крупного рогатого скота, овец, лошадей и кроликов, в 1 кг СВ

Корма	Вода, %	СВ, %	ОЭ, МДж	СБ, г	НРБ, г %	РРБ, г	ОБ, г	СК, г	НДК, г	КДК, г	СЖ, г	СЗ, г	НСУ, г	БЭВ, г	Крах-мал, г	Са-хар, г
Силос кукур. мол-воск. спелости	70	30	9,6	90	19	28	47	233	500	300	40	46	324	591	120	90
Силос кукур. почти воск. спелости	52	48	9,2	80	22	28	50	240	445	275	32	40	407	608	135	70
Силос сорговый	71	29	7,7	100	34	25	59	260	607	357	29	75	189	536	130	56
Сенаж люцерновый	55	45	9,4	165	26	61	87	228	460	280	36	100	239	471		16
Сено люцерновое	15	85	8,2	155	22	61	83	300	396	312	21	100	323	424		24
Сено злаковое	15	85	7,8	106	19	38	57	330	600	395	26	72	196	466		58
Сено злако-бобовое	15	85	8,3	128	19	47	66	286	551	364	26	93	204	467		36
Сено суданки	15	85	7,2	125	23	44	67	261	577	368	29	69	200	516	10	56
Солома ячменная	10	90	5,7	41	19	6	25	418	750	520	18	66	125	457		32
Солома пшеничная	10	90	6,0	48	23	6	29	417	730	494	16	76	130	443		15
Пшеничная солома	8	92	6,0	55	13	16	29	322	700	400	17	80	148			
Зеленая масса люцерны (фаза бутонизации)	80	20	10,3	245	41	94	135	272	331	239	20	94	310	369	5	56
Зеленая масса люцерны (начало цветения)	78	22	9,5	208	38	75	113	290	340	255	20	95	337	387	5	60
Зеленая масса рожь	80	20	10,5	150	23	57	80	290	570		40	85	155	435		84
Зеленая масса рапс	86	14	9,5	200	30	78	108	250	305		57	50	388	443		130
Зеленая масса вико-пшеничная	85	15	10,3	213	30	85	115	253	466	308	34	74	213	426		128
Зеленая масса суданка	80	20	11,0	140	21	53	74	275	546		30	67	217	488	10	90
Зеленая масса тритикале	80	20	8,1	130	20	50	70	288	507	396	38	47	278	497		75
Жом свекличный сырой	88	12	10,4	74	33	16	49	200	390	280	10	70	456	646		10
Жом свекличный сухой	12	88	9,8	100	56	15	71	201	408	220	11	73	592	615		86

Продолжение приложения 1

Корма	Вода, %	СВ, %	ОЭ, МДж	СБ, г	НРБ, г/%	РРБ, г	ОБ, г	СК, г	НДК, г	КДК, г	СЖ, г	СЗ, г	НСУ, г	БЭВ, г	Крах-мал, г	Са-хар, г
Свекла кормовая	87	13	12,3	123				112	330	140	11	115	421	639	27	330
Свекла сахарная (верхушки)	77	23	12,2	70				101	269	130	9	40	614	780		
Тыква	90	10	13,0	162				142	360	180	89	89	300	518		
Яблочные выжимки	78	22	10,7	68	13	25	38	206	550	260	63	49	270	614		
Патока (сахарная свекла)	23	77	12,2	78	12	32	44				4	100	818	817		716
Ячмень	12	88	12,2	124	23	48	71	53	208	72	22	29	617	772	570	29
Пшеница	12	88	13,0	130	28	49	78	21	134	44	23	20	693	816	670	30
Отруби пшеничные	11	89	10,6	173	23	70	93	114	425	155	43	63	296	607	190	70
Кукуруза (зерно высоковлажное (корнаж))	28	72	13,5	92	32	28	60	26	103	36	43	15	747	824		
Корнаж с кочерыжкой	33	67	12,7	84	28	26	54	94	210	94	39	17	650	766		
Кукуруза	12	88	13,1	95	33	25	58	24	95	34	42	15	753	832	680	35
Сорго	12	88	11,8	110	39	31	60	40	109	59	30	20	731	800	695	50
Овес	11	89	11,6	135	12	53	65	105	310	146	51	33	481	686	460	25
Тритикале	12	88	12,8	13,7				25	175		19	21	771			
Горох	12	88	13,2	255	94	70	164	63	116	76	19	32	578	631	437	60
Соя полножирная сырая	10	90	16,0	390	86	142	226	56	190	130	190	60	132	274	11	80
Соевый шрот	10	90	13,3	480	160	150	310	58	150	91	17	62	291	383	17	107
Соевый жмых	10	90	15,1	460	261	83	344	55	200	104	81	55	204	349	17	110
Семена подсолнечника не обрушенные	12	88	18,0	192	15	85	100	310	240	167	419	51	98	198		
Подсолный шрот	10	90	9,5	370	47	318	203	135	518	300	14	75	23	436	10	82
Подсолный жмых	10	90	12,2	365	56	147	203	148	450	285	82	64	39	361	28	90
Рапсовый шрот	10	90	12,0	385	204	160	282	152	345	206	39	80	174	366	24	47
Рапсовый жмых	10	90	11,3	390	225	125	286	165	340	180	77	72	125	296		
Семена хлопка с волокном	9	91	12,2	235	30	197	127	240	503	380	193	42	27	290		0



Продолжение приложения 1

Корма	Вода, %	СВ, %	ОЭ, МДж	СБ, г	НРБ, г/%	РРБ, г	ОБ, г	СК, г	НДК, г	КДК, г	СЖ, г	СЗ, г	НСУ, г	БЭВ, г	Крах- мал, г	Са- хар, г
Глютеновый корм	10	90	11,4	260	60	190	153	130	350	120	38	68	284	504		32
Глютен	10	90	15,3	660	425	198	522	100	111	82	29	33	167	178		
Сухое снятое молоко	6	94	15,0	350							11	85	554	554		448
Мука кровяная	10	90	15,0	955	565	249	687				12	25			0	0
Перьевая мука (гидролизованная)	7	93	13,9	933	388	336	553			46	160				0	0
То же с примесью муки боенских отходов	8	92	15,0	915	410	329	571			104	197					
Рыбная мука	9	91	13,9	685	345	301	492				104	197				0
Мясокостная мука	10	90	9,5	540	178	243	297				104	302				0
Пивная дробина сухая	9	91	11,3	292	163	88	206	176	474	222	52	43	139	437	6	45
Сухая барда (спирто- вая), из пшеницы	10	90	15,5	297	95	160	173	89	388	197	90	52	173	472		100
Дрожжи торула сухие	7	93	12,3	515				30		40	13	40	402	402		

**Приложение 2. Фракции азота, переваримость НРБ, содержание аминокислот(NRC – 2001)**

279

№ п/п	М	СППВ, %	СБ, %	НДНСБ, %	КДНСБ, %	N-фракции (% СБ)			Кр (% час) фр. В	НРБ (% СБ)	Переваримость НРБ, %	Арг., % СБ	Гис., % СБ	Изол., % СБ	Лейц., % СБ	Лиз., % СБ	Мет., % СБ	Цис., % СБ	Фен., % СБ	Тре., % СБ	Трипт., % СБ	Вал., % СБ	СНАК, % СБ	Лиз., % НАК	Мет., % НАК
						А	В	С																	
1	Солос кукурузный мол-воск. спелости	68,8	9,6	1,3	0,8	51,3	30,2	18,5	4,4	34	70	1,97	1,79	3,34	8,59	2,51	1,53	1,34	3,83	3,19	0,44	4,47	31,64	7,93	4,84
2	Силос кукурузный восковой спелости	65,4	8,5	1,3	0,9	48,8	27,9	23,6	3,2	40	70	1,97	1,79	3,34	8,59	2,51	1,53	1,34	3,83	3,19	0,44	4,47	31,64	7,93	4,84
3	Силос сорго-вый	56,7	10,0	2,4	1,2	42,4	37,3	20,3	4,1	48	70	4,07	2,47	3,91	13,04	2,64	1,93	0,64	5,24	3,59	1,16	5,00	43,04	6,13	4,48
4	Сенаж люцерновый	56,6	18	2,9	1,6	57,3	33,0	9,9	11,1	20	65	3,87	1,69	3,87	6,24	4,40	1,37	0,78	4,18	3,83	0,94	5,00	35,39	12,43	3,87
5	Сено люцерновое	58,9	17	2,4	1,6	41,9	49,2	8,9	16,6	20	70	5,14	1,95	4,22	7,35	5,08	1,56	1,42	4,78	4,37	1,50	5,23	41,18	12,34	3,79
6	Сено злаковое	56,3	10,6	3,8	1,1	36,7	50,4	12,9	8,5		65	3,83	1,63	3,32	6,22	3,48	1,30	1,17	3,92	3,60	1,24	4,51	33,05	10,53	3,93
7	Сено злаково-бобовое	57,0	12,8	4,4	1,3	31,0	52,1	16,9	7,25	25	60	4,15	1,71	3,54	6,49	3,86	1,36	1,24	4,13	3,79	1,30	4,68	35,01	11,03	3,88
8	Сено суданки	59,7	12,5	3,9	1,2	36,7	51,7	11,6	8,1	28	65	3,88	1,63	3,32	6,22	3,49	1,30	1,16	3,92	3,60	1,24	4,51	33,05	10,53	3,93
9	Солома яч-менная	49,1	4,3	1,6	1,3	46,9	27,4	25,7	1,3	65	-	1,08	1,64	1,78	3,25	3,25	1,19	-	2,08	3,25	1,42	2,67	21,61	15,04	5,51
10	Солома пше-ничная	47,5	4,8	2,1	1,4	9,3	51,4	39,3	1,4	75	65	1,08	1,64	1,78	3,25	3,25	1,19	1,07	2,08	3,25	1,42	2,67	21,62	15,04	5,51

## Продолжение приложения 2

№ п/п	Корм	СПШВ, %	СБ, %	НДНСБ, %	КДНСБ, %	N-фракции (% СБ)			Кр (% час) фр. В	НРБ (% СБ)	Переваримость НРБ, %	Арг., % СБ	Гис., % СБ	Изол., % СБ	Лейц., % СБ	Лиз., % СБ	Мет., % СБ	Цис., % СБ	Фен., % СБ	Тре., % СБ	Трипт., % СБ	Вал., % СБ	СНАК, % СБ	Лиз., % НАК	Мет., % НАК
						А	В	С																	
11	Зеленая масса люцерны (бутонизация)	66,3	24,5	3,8	1,1	31,1	61,6	7,3	12,3	22	75	5,21	1,97	4,30	7,46	5,18	1,58	1,44	4,81	4,44	1,54	5,31	41,80	12,39	3,78
12	Зеленая масса люцерны нач. цв.	62,5	20,8	2,5	1,6	44,3	46,9	8,8	17,9	18,2	70	5,14	1,95	4,23	7,36	5,09	1,56	1,42	4,76	4,38	1,50	5,24	41,21	12,35	3,79
13	Зеленая масса ржи	60,0	15,1	1,9	0,9	56,6	33,0	10,4	5,9	22	65	1,04	1,21	3,45	4,88	2,35	1,16	0,66	3,42	2,51	0,60	4,80	25,42	9,24	4,56
14	Зеленая масса тритикале	57,2	13,1	2,2	1,0	56,6	32,9	10,5	5,9	22	65	3,84	2,53	3,04	5,86	1,83	1,31	1,43	4,78	2,14	1,03	3,68	31,47	5,82	4,16
15	Жом свекловичный, сырой	70,0	10,0	5,5	0,6	4,5	90,5	5,0	2,0	70	80	3,23	2,54	3,18	5,10	4,35	1,24	1,10	2,93	3,38	0,81	4,70	31,46	13,83	3,94
16	Жом свекловичный сухой	69,1	1,1	1,3	0,3	4,6	4,6	-	1,8	-	-	0,96	0,36	0,24	0,46	0,59	0,19	0,19	0,20	0,39	0,09	0,50	-	-	-
17	Яблочные выжимки	57,3	10,7	3,7	3,1	41,7	53,3	5,0	7,4	23	80	4,52	1,86	3,13	5,58	3,93	1,38	1,18	3,31	3,04	0,88	4,11	31,74	12,38	4,35
18	Патока сах. свеклы	82,9	7,8	0	0	74,1	25,9	0	3,2	16	100	4,91	1,59	4,44	3,59	1,00	0,22	0,83	2,71	1,57	0,45	3,36	23,84	4,19	0,92
19	Ячмень	82,7	12,2	1,8	0,5	30,2	61,2	8,6	22,7	21	85	5,07	2,30	3,47	6,97	3,63	1,70	2,28	5,11	3,42	1,17	4,90	37,74	9,62	4,50
20	Пшеница	86,6	13,0	1,7	0,2	27,1	65,1	7,8	18,8	23	95	4,69	2,43	3,32	6,64	2,81	1,60	2,20	4,59	2,90	1,19	4,24	34,42	8,16	4,65
21	Отруби пшеничные	71,5	17,3	2,8	1,4	33,7	62,5	3,8	20,0	18	75	6,84	2,82	3,15	6,16	4,05	1,57	2,10	3,97	3,26	1,37	4,50	37,68	10,75	4,17

Продолжение приложения 2

№ п/п	Корм	СППВ, %	СБ, %	НДНСБ, %	КДНСБ, %	N-фракции (% СБ)			Кр (% час) фр. В	НРБ (% СБ)	Переваримость НРБ, %	Арг., % СБ	Гис., % СБ	Изол., % СБ	Лейц., % СБ	Лиз., % СБ	Мет., % СБ	Цис., % СБ	Фен., % СБ	Тре., % СБ	Трипт., % СБ	Вал., % СБ	СНАК, % СБ	Лиз., % НАК	Мет., % НАК
						А	В	С																	
22	Кукуруза высоковлажная корнаж	88,7	9,2	0,6	0,3	27,9	71,4	0,7	5,1	38	90	3,85	2,54	3,38	11,60	2,64	2,11	2,08	4,56	3,68	0,98	4,90	40,24	6,56	5,24
23	Корнаж с кочерыжкой	86,6	8,4	0,7	0,3	34,0	65,7	0,3	5,2	35	90	3,30	2,79	3,56	14,56	2,28	1,70	1,96	4,50	3,32	0,66	4,51	41,17	5,54	4,13
24	Кукуруза	сopс	9,4	0,7	0,3	23,9	72,5	3,6	4,9	42	90	4,61	3,13	3,31	11,20	2,84	2,13	2,13	4,62	3,55	0,72	4,02	40,13	7,08	5,31
25	Сорго	80,6	11,6	2,8	1,0	18,9	79,4	1,7	5,5	42	85	4,09	2,44	3,94	13,06	2,38	1,81	1,88	5,25	3,37	1,09	4,95	42,38	5,62	4,27
26	Овес	78,5	13,5	1,8	0,3	65,2	28,8	6,0	17,4	13	75	6,82	2,44	3,75	7,30	4,18	1,71	2,85	5,16	3,46	1,19	5,19	41,20	10,15	4,15
27	Тритикале	88,2	12,8	-	-	51,3	45,9	2,8	4,3	22	90	5,29	2,53	3,59	6,82	3,62	1,79	2,45	4,78	3,35	1,04	4,78	37,59	9,63	4,76
28	Горох	86,5	25,6	-	-	55,5	44,4	0,1	16,7	43	80	8,93	2,59	4,09	7,24	7,17	1,00	1,47	4,70	3,75	0,90	4,67	46,51	15,42	2,15
29	Соя полножирная сырая	100,0	39,2	2,3	0,6	27,8	70,2	2,0	10,9	26	85	7,52	2,76	4,42	7,41	5,98	1,47	1,46	4,99	3,96	1,30	4,70	44,51	13,44	3,30
30	Соя полножирная экстрадированная	98,8	43,0	6,1	2,04	17,8	77,0	5,2	9,3	35	85	6,79	2,61	4,22	7,13	5,98	1,40	1,44	4,32	3,80	1,13	4,59	41,98	14,24	3,33
31	Соевый шрот	80,0	48,0	0,7	0,4	22,5	76,8	0,7	9,4	36	93	7,38	2,77	4,56	7,81	6,28	1,45	1,52	5,26	3,98	1,27	4,69	45,43	13,82	3,19
32	Соевый жмых	88,5	46,3	9,6	0,4	8,7	91,3	0	2,4	63	93	7,40	2,77	4,56	7,81	6,27	1,45	1,48	5,26	3,98	1,27	4,71	45,47	13,79	3,19
33	Подсолнечный шрот	59,9	37,0	5,5	1,4	42,0	52,8	5,2	29,2	14	90	8,18	2,60	4,09	6,41	3,56	2,29	1,77	4,62	3,72	1,19	4,95	41,61	8,56	5,50
34	Подсолнечный жмых	59,9	37,0	5,5	1,4	42,0	52,8	5,2	29,2	14	90	8,18	2,60	4,09	6,41	3,56	2,29	1,77	4,62	3,72	1,19	4,95	41,61	8,56	5,50

№ п/п	Корм	СППВ, %	СБ, %	НДНСБ, %	КДНСБ, %	N-фракции (% СБ)			Кр (% час) фр. В	НР Б (% СБ) ПСВ 3%	Переваримость НРБ, %	Арг., % СБ	Гис., % СБ	Изол., % СБ	Лейц., % СБ	Лиз., % СБ	Мет., % СБ	Цис., % СБ	Фен., % СБ	Тре., % СБ	Трипт., % СБ	Вал., % СБ	СНАК, % СБ	Лиз., % НАК	Мет., % НАК
						А	В	С																	
35	Рапсовый шрот	70,1	38,4	-	-	23,4	69,2	7,4	13,1	60	70	6,17	2,80	3,93	7,09	5,62	2,04	2,54	4,06	4,42	1,30	5,09	42,52	13,22	4,80
36	Рапсовый жмых	-	38,0	-	-	18,3	74,8	6,9	10,4	-	75	6,2	2,8	3,93	8,1	5,6	2,0	2,54	4,06	4,42	1,30	5,09	45,5	13,2	4,8
37	Семена хлоп-ка с волокном	77,2	23,5	2,4	1,9	45,4	46,7	7,9	15,7	16	80	11,52	3,11	3,20	5,88	4,35	1,71	1,76	5,30	3,46	1,27	4,70	44,51	9,77	3,84
38	Кукурузный глютен	74,1	26	3,6	1,4	48,0	43,2	8,8	7,7	27	85	3,85	2,93	3,50	8,98	2,74	1,61	2,13	3,68	3,48	0,56	4,46	35,39	7,74	4,55
39	Кукурузный глютен	84,5	66	3,6	3,0	3,9	90,9	5,2	2,3	70	92	3,20	2,13	4,11	16,79	1,69	2,37	1,80	6,35	3,38	0,53	4,64	45,20	3,74	5,24
40	Сухое снятое молоко	98,0	35,0	-	-	-	-	-	-	18	95	3,37	2,84	5,13	9,84	7,71	2,49	0,79	4,88	4,41	1,37	6,32	48,36	15,94	5,15
41	Мука крова-ная	76,4	95,5	NA	NA	10,1	60,9	29,0	1,9	74	80	4,38	6,36	1,26	12,82	8,98	1,17	1,28	6,85	4,34	1,59	8,68	56,43	15,91	2,07
42	Перьевая мука гидролизо-ванная	72,8	92,0	NA	NA	23,4	23,7	52,9	6,6	64	65	6,93	1,15	4,85	8,51	2,57	0,75	5,09	4,93	4,73	0,73	7,52	42,68	6,02	1,76

Продолжение приложения 2

№ п/п	Корм	СППВ, %	СБ, %	НДНСБ, %	КДНСБ, %	N-фракции (% СБ)			Кр (% час) фр. В	НРБ (% СБ)	Переваримость НРБ, %	Арг., % СБ	Гис., % СБ	Изол., % СБ	Лейц., % СБ	Лиз., % СБ	Мет., % СБ	Цис., % СБ	Фен., % СБ	Тре., % СБ	Трипт., % СБ	Вал., % СБ	СНАК, % СБ	Лиз., % НАК	Мет., % НАК
						А	В	С																	
43	Перьевая мука гидролизованная с боенскими отходами	80,1	85,0	NA	NA	23,4	23,7	52,9	6,6	62,1	70	6,27	1,33	4,34	8,44	2,90	0,84	4,34	4,83	4,70	0,73	6,76	41,14	7,05	2,04
44	Рыбная мука	79,9	68,5	NA	NA	22,8	72,0	5,2	1,4	56	90	5,82	2,83	4,09	7,22	7,65	2,81	0,91	3,99	4,20	1,05	4,82	44,48	17,20	6,32
45	Мысокостная мука	61,9	54,2	NA	NA	18,1	48,2	33,7	7,2	55	60	6,98	1,89	2,76	6,13	5,18	1,40	1,01	3,36	3,27	0,58	4,20	35,74	14,49	3,92
46	Пивная дробина	66,4	29,2	3,7	1,1	56,0	44,0	0,0	4,5	24	80	4,25	1,84	4,00	6,00	4,38	1,33	1,10	3,20	3,61	0,90	5,38	34,89	12,55	3,81
47	Сухая барда (спиртовая) из пшеницы	68,4	42,3	-	-	21,1	76,9	2	26,1	36	80	2,59	3,16	3,53	6,12	1,55	1,41	-	4,43	3,05	1,09	4,54	31,47	4,93	4,48

### Приложение 3. Минеральный состав кормов для крупного рогатого скота

Корма	г/кг СВ							мг/кг СВ							
	Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S	Co	Cu	I	Fe	Mn	Se	Zn	Mo
Силос:кукурузный (мол.воск.сп.)	2,9	2,4	1,9	13,0	0,1	3,0	1,4		6		157	46	0,04	29	
Кукурузный почти воск.сп.	2,6	2,5	1,6	11,0	0,1	1,7	1,0		6		92	36	0,04	23	
Сенаж люцерновый	17,0	2,1	2,6	25,0	0,6	6,2	2,4	0,65	7,7		735	65	0,2	25	2,4
Сено люцерновое	15,2	2,6	3,0	25,3	0,1	7,4	2,5	0,45	9		286	35	0,2	24	2,9
Сено злаковое	5,3	2,0	2,0	20,1	0,4	5,0	2,1		5,8		512	64	0,06	20	1,5
Сено злако-бобовое	8,0	3,5	2,4	2,5	0,1	7,0	2,7		9,0		350	75	0,09	22	
Солома: ячменная	4,5	0,7	0,8		1,1			0,04	3,2			84	0,04	16	
Пшеничная	3,1	1,0	1,4	15,5	1,2	6,0	1,1		6		172	67		16	1,3
Силос сорговый	4,5	2,4	3,1	20,1	0,3	5,6	1,5		11		900	80		33	2,7
Кукуруза зерно высоковлажная (корнаж)	0,3	3,0	1,2	4,3	0,1	0,05	1,0		1		59	7	0,07	21	0,7
Корнаж с кочерыжкой	0,5	2,8	1,2	4,8	0,1	0,7	0,9		3		68	9	0,07	22	0,7
Сено суданки	4,9	2,7	1,9	18,0	1,7	6,7	4,8		8		224	62		32	
Соя полножирнаяэкструд.	2,6	6,4	2,5	19,9	0,1	0,6	3,2		15		142	29	0,28	48	5,3
Зеленая масса: люцерны, фаза бутонизации	15,0	2,8	3,3	25,6	0,3	5,5	3,3	0,65	10		210	49	0,20	26	
Зеленая масса: люцерны,фаза начала цветения	13,7	2,7	3,0	24,0	0,2	6,1	3,1	0,65	9		207	46	0,2	24	
Зеленая масса: рожь	3,0	4,0	6,0	12,0			4,0		0,5		350	29		345	
Зеленая масса: рапс	11,5	3,3	3,3	26,4			5,0	0,8	14,9		727	148		37,2	
Зеленая масса: вика-пшеница	10	5,5	3,5	21,5			3,5	1,0	5		235	103		16	
Зеленая масса: суданская трава	7,5	2,5	5,0	21,0			4,0	0,5	8,0		210	29		21	
Зеленая масса тритикале															
Сухое снятое молоко	14,0	11		16,0			3,8	1,9	14	0,1	9	2,5		50	
Мука кровяная	18,2	5,0	0,2	4,4			2,3	0,1	8,3	1,2	280	6,6		32	
Перьевая мука гидролизованная	3,3	5,0	2,2	3,3	3,4	2,6	13,9	0,04	10	0,04	76	10	0,7	111	
То же с примесью боенских отходов	13,6	7,7	0,6	2,4	2,7	4,7	17,5		12		625	12	0,7	11	0,8
Горох	1,1	3,9	1,2	9,0	0,4	0,8	1,9	0,13		0,05	68	18	0,13	32	
Соя полножирная сырая	3,2	6,0	2,5	20	0,1	0,4	3,1		13		148	29	0,28	49	3,8
Соевый шрот	3,2	6,5	2,7	19,6	0,1	0,5	4,3		20		202	29	0,32	50	
Соевый жмых	2,8	6,0	2,2	17,2	0,4	0,4	3,6		17		180	26	0,28	45	

Продолжение приложения 3

Корма	г/кг СВ							мг/кг СВ							
	Ca	P	Mg	K	Na	Cl	S	Co	Cu	I	Fe	Mn	Se	Zn	Mo
Семена подсолнечника не обрубленные	7,1	5,1	3,4	10,6	0,1		2,1		20		144	35		53	1,8
Подсолн. шрот	2,5	10,0	6,8	10,7	0,6	1,0	3,0		26		254	41	0,5	66	
Подсолн. жмых	4,3	10,0	5,6	9,5	0,2	0,9	2,7		21		225	37	0,45	60	
Рапсовый шрот	6,3	10,1	5,1	12,2	0,7	1,1	8,5		6		130	49	1,1	69	
Рапсовый жмых	7,1	10,0	4,5	11,0	0,9	1,0	7,0		5		142	40	1,0	54	
Мясокостная мука	100	45	4,1	6,0	6,0	6,9	3,8		11		606	17	0,34	96	
Рыбная мука	24	17,6	1,8	10,1	6,1	11,2	6,9		6		181	8	1,93	132	
Семена хлопка с волокном	1,7	6,0	3,7	11,3	0,2	0,6	2,3		7		94	18	0,14	37	1,3
Пивная дробина сухая	2,4	5,1	1,8	11,9	0,4		2,9		9		353	49	0,67	65	2,0
Кровяная мука	3,7	2,7	0,3	3,1	5	3,3	7,7		10		2453	9	0,77	33	0,6
Сухая спиртовая барда зерно кукурузы+экстракт	2,2	8,3	3,3	11,0	3,0	2,6	4,4		8		178	27	0,39	62	1,9
Соя полножирнаяэкструдированная	2,6	6,4	2,5	20,0	0,1	0,6	3,2		15		142	29	0,28	48	5,3
Жом свекловичный сырой	9,1	0,9	2,3	9,6	3,1	1,8	3,0		11		642	62	0,14	22	1,5
Жом свекловичный сухой	10,0	1,0	2,2	9,2	3,0	1,7	3,1		11		611	56	0,09	22	
Свекла кормовая	2,7	4,5	1,3	18,3	0,5		1,4	0,6	15		61	84		25	
Свекла сахарная (верхушки)	10,1	2,2	11,2	57,9	0,5										
Тыква	2,4	4,3		33,2											
Яблочные выжимки	2,0	1,4	0,9	7,3	0,4	0,3	0,7		11		185	17		14	0,7
Патока из сахарной свеклы	1,5	0,2	2,9	60,6	14,8		6,0		22		87	66		18	
Ячмень	0,6	3,5	1,5	4,5	0,5	1,3	1,4	0,09	5	0,08	74	15	0,22	27	
Пшеница	0,4	3,9	1,1	3,2	0,1	0,3	1,2	0,04	8	0,05	51	37	0,28	26	
Кукуруза	0,3	2,8	1,1	3,8	0,3	0,4	1,4	0,05	4	0,05	37	11	0,3	17	
Сорго	0,4	3,0	1,4	2,4	0,3	0,6	0,7	0,02	8		44	15	0,2	22	
Отруби пшеничные	1,6	8,0	2,6	9,5	0,4	0,4	2,5		12		105	89	0,75	100	
Овес	1,1	3,1	1,4	4,2	0,8	1,1	1,0	0,08	10	0,07	55	53	0,24	36	
Дрожжи торула	2,8	15,2	2,0	19,4	0,7	1,2	5,5		17		222	13	0,02	99	
Глютеный корм	0,7	10,0	4,2	14,6	1,3	2,0	4,4		6		196	23	0,19	75	2,2
Глютен 60	0,6	6,0	1,4	4,6	0,5	1,1	8,6		4		138	15	11,0	57	57
Тритикале	0,06	3,3	1,9	3,1	0,3	0,5	2,1	0,05	8	0,07	400	66		37	



#### Приложение 4. Минеральные источники макро- и микроэлементов крупного рогатого скота(NRC-2001)

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивалента сырого белка N % x 6,25	Содержа- ние ос- новного элемента	Коэффици- ент биодо- ступности
<b>Источника Са</b>		<b>Са (%)</b>		
Костная мука пропаренная кормовая	97	13,2	30,71	0,95
Углекислый кальций CaCO <sub>3</sub> кормовой	100	- <sup>d</sup>	39,39	0,75
Хлористый кальций безводный, чистый CaCl <sub>2</sub> <sup>xчo</sup>	100	-	36,11	0,95
Хлористый кальций двухводный CaCl <sub>2</sub> x2H <sub>2</sub> O <sup>xчo</sup>	100	-	27,53	0,95
Гидроокись кальция Ca(OH) <sub>2</sub> <sup>xч</sup>	100	-	54,09	0,55
Окись кальция CaO <sup>xчo</sup>	100	-	71,47	0,50
Монокальций фосфат из обесфторенной фосфорной кислоты, кормовой	97	-	16,40	0,95
Сернокислый кальций дигидрат CaSO <sub>4</sub> x2H <sub>2</sub> O <sup>xч</sup>	97	-	23,28	0,70
Кюрако фосфат кормовой	99	-	34,34	0,70
Дикальций фосфат двухосновный CaHPO <sub>4</sub> из обесфторенной фосфорной кислоты, кормовой	97	-	22,00	0,94
Доломитовый известняк кормовой	99	-	22,30	0,60
Известняк молотый кормовой	100	-	34,00	0,70
Окись магния MgO кормовой	98	-	3,07	0,70
Мука из скорлупы яиц страуса, молотая кормовая	99	-	38,00	0,75
Обесфторенный фосфат кальция	100	-	32,00	0,70
Фосфат из скальных пород кормовой	100	-	35,00	0,30
Фосфат низкофтористый кормовой	100	-	36,00	0,30
Мягкая скальная порода глинозем, кормо- вой	100	-	17,00	0,30
<b>Источники Р</b>		<b>Р(%)</b>		
Аммоний фосфорнокислы (двуосновной) (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , кормовой	97	115,9	20,60	0,80
Аммоний фосфорнокислы (одноосновной) (NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , кормовой	97	70,9	24,74	0,80
Костная мука пропаренная, кормовая	97	13,2	12,86	0,80
Монокальций фосфат из обесфторенной фосфорной кислоты, Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , кормовой	97	-	21,60	0,80
Кюрако фосфат, кормовой	99	-	14,14	0,85
Дикальций фосфат (двуосновной) CaHPO <sub>4</sub> из обесфторенной фосфорной кислоты, кормовой	97	-	19,30	0,75
Фосфат обесфторенный кормовой	100	-	18,00	0,65
Фосфат из скальных пород, кормовой	100	-	13,00	0,30
Фосфат низкофтористый, кормовой	100	-	14,00	0,30

Продолжение приложения 4

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивалента сырого белка N % x 6,25	Содержание основного элемента	Кэффи- циент биодо- ступности
Фосфорная кислота, $H_3PO_4^{xco}$	75	-	31,60	0,90
Натрий фосфорнокислый (монососновный) моногидрат $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ , кормовой	97	-	22,50	0,90
Натрий триполифосфат (мета- и пирофосфат) $Na_5P_3O_{10}$ , кормовой	96	-	25,00	0,75
Фосфат мягких скальных пород – глинозем, кормовой	100	-	9,00	0,30
<b>Источники Na</b>			<b>Na (%)</b>	
Костная мука пропаренная, кормовая	97	13,2	5,69	0,90
Обесфторенный фосфат, кормовой	100	-	4,90	0,90
Хлористый калий, $KCl$ , кормовой	100	-	1,00	0,90
Натрий бикарбонат (сода), $NaHCO_3^{xci}$	100	-	27,00	0,90
Карбонат натрия моногидрат, $Na_2CO_3 \cdot H_2O^{xci}$	100	-	37,08	0,90
Натрий хлорид (поваренная соль) $NaCl$ , кормовой	100	-	39,34	0,90
Натрий фосфорнокислый (одноосновной) моногидрат, $NaHPO_4 \cdot H_2O$ , кормовой	97	-	16,68	0,90
Селенат натрия декагидрат $Na_2SeO_4 \cdot 10H_2O^{xci}$	100	-	12,46	0,90
Селенит натрия, $Na_2SeO_3$ , кормовой	98	-	26,60	0,90
Натрий полукарбонат дигидрат, $Na_2CO_3 + NaHCO_3 \cdot 2H_2O$ , кормовой	100	-	30,50	0,90
Натрий сернокислый декагидрат $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O^{xci}$	97	-	14,27	0,90
Натрий триполифосфат (мета- и пирофосфат), $Na_5P_3O_{10}$ , кормовой	96	-	31,00	0,90
<b>Источники Cl</b>			<b>Cl (%)</b>	
Хлористый аммоний <sup>xci</sup>	100	163,63	66,28	0,90
Хлористый кальций безводный, $CaCl_2^{xco}$	100	-	63,89	0,90
Хлористый кальций дигидрат $CaCl_2 \cdot 2H_2O^{xco}$	100	-	48,23	0,90
Кобальт двуххлористый гексагидрат, $CoCl_2 \cdot 6H_2O^{xci}$	100	-	29,80	0,90
Медь хлорная, дигидрат $CuCl_2 \cdot 2H_2O^{xci}$	100	-	41,65	0,90
Магний хлористый гексагидрат, $MgCl_2 \cdot 6H_2O^{xci}$	100	-	34,88	0,90
Марганец двуххлористый, $MnCl_2^{xci}$	100	-	56,34	0,90
Марганец двуххлористый тетрагидрат $MnCl_2 \cdot 4H_2O^{xci}$	100	-	35,80	0,90
Калий хлористый, $KCl$ , кормовой	100	-	47,30	0,90
Хлорид натрия, соль поваренная, $NaCl$ , кормовой	100	-	60,66	0,90
Цинк хлористый $ZnCl_2^{xci}$	100	-	52,03	0,90

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивален- та сырого белка N % x 6,25	Содержани е основного элемента	Кэффи- циент биодо- ступно- сти
<b>Источники К</b>				
<b>К (%)</b>				
Калий бикарбонат, $\text{KHCO}_3^{\text{XII}}$	99	-	39,05	0,90
Калий карбонат, $\text{K}_2\text{CO}_3^{\text{XII}}$	100	-	56,58	0,90
Хлористый калий, $\text{KCl}$ , кормовой	100	-	50,00	0,90
Йодистый калий $\text{KI}$ , кормовой	100	-	21,00	0,90
Калий серноокислый, $\text{K}_2\text{SO}_4$ , кормовой	98	-	41,84	0,90
<b>Источники Mg</b>				
<b>Mg (%)</b>				
Доломитовый известняк ( $\text{Mg}$ ), кормовой	99	-	9,99	0,30
Известняк молотый, кормовой	100	-	2,06	0,30
Магний карбонат, $\text{MgCO}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2$ , кормо- вой	98	-	30,81	0,35
Магний хлористый гексагидрат, $\text{MgCl}_2 \cdot x \cdot \text{H}_2\text{O}^{\text{XII}}$	100	-	11,96	0,90
Магний гидроксид, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , кормовой	100	-	41,69	0,70
Оксид магния, $\text{MgO}$ , кормовой	98	-	56,20	0,70
Магний серноокислый гектогидрат, $\text{MgSO}_4 \cdot x \cdot \text{H}_2\text{O}$ кормовой	98	-	9,80	0,90
<b>Источники S</b>				
<b>S (%)</b>				
Аммоний фосфорнокислый (двуосновной), $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , кормовой	97	115,9	2,16	
Аммоний фосфорнокислый (одноосновной), $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ , кормовой	97	70,9	1,46	
Аммоний серноокислый $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , кормовой	100	134,1	24,10	
Костная мука пропаренная, кормовая	97	13,2	2,51	
Кальций фосфорнокислый, (одноосновной) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ из обесфторенной фосфорной кислоты, кормовой	97	-	1,22	
Кальций серноокислый дигидрат $\text{CaSO}_4 \cdot x \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , кормовой	97	-	18,62	
Медь серноокислая, пентагидрат, $\text{CuSO}_4 \cdot x \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	100	-	12,84	
Дикальций фосфат (двуосновной) $\text{CaHPO}_4$ из обесфторенной фосфорной кислоты, кор- мовой	97	-	1,14	
Железо серноокислое, $\text{FeSO}_4 \cdot x \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , кормовой	98	-	12,35	
Магний серноокислый гектогидрат, $\text{MgSO}_4 \cdot x \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , кормовой	98	-	13,31	
Марганец серноокислый моногидрат, $\text{MnSO}_4 \cdot x \cdot \text{H}_2\text{O}^{\text{XII}}$	100	-	18,97	
Марганец серноокислый пентагидрат, $\text{MnSO}_4 \cdot x \cdot 5\text{H}_2\text{O}^{\text{XII}}$	100	-	13,30	

Продолжение приложения 4

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивалента сырого белка N % x 6,25	Содержание основного элемента	Кoeffи- циент биодо- ступности
<b>Источники S</b>		<b>S (%)</b>		
Фосфорная кислота, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , кормовая – о	75	-	1,55	
Калий сернокислый K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , кормовой	98	-	17,35	
Натрий сернокислый децагидрат, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x10H <sub>2</sub> O <sup>хч</sup>	97	-	9,95	
Цинк сернокислый моногидрат, ZnSO <sub>4</sub> xH <sub>2</sub> O, кормовой	99	-	17,68	
<b>Источники Со</b>		<b>Со (мг/кг)</b>		
Кобальт углекислый, СоСО <sub>3</sub> , кормовой	99	-	460,000	
Кобальт углекислый гексагидрат, Со- СО <sub>3</sub> x6H <sub>2</sub> O <sup>хч</sup>	100	-	259,000	
Кобальт хлористый гексагидрат, СоСl <sub>2</sub> x6H <sub>2</sub> O <sup>хч</sup>	100	-	247,800	
<b>Источники Си</b>		<b>Си (мг/кг)</b>		
Медь хлорная дигидрат, СиСl <sub>2</sub> x2H <sub>2</sub> O <sup>хч</sup>	100	-	372,00	0,05
Окись меди, СиО <sup>хч</sup>	100	-	798,800	0,01
Медь сернокислая гексагидрат, СиSO <sub>4</sub> x5H <sub>2</sub> O <sup>хч</sup>	100	-	254,500	0,05
<b>Источники I</b>		<b>I (мг/кг)</b>		
Этилендиамино-дигидройод (ЭДДИ), кор- мовой	98	-	803,400	0,90
Йодистый калий, KI, кормовой	100	-	681,700	0,90
<b>Источники Fe</b>		<b>Fe (мг/кг)</b>		
Аммоний фосфорнокислый (двухосновной) (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , кормовой	97	115,9	12,400	0,40
Аммоний фосфорнокислый (одноосновной) (NH <sub>4</sub> )H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , кормовой	97	70,9	17,400	0,40
Костная мука пропаренная, кормовая	97	13,2	26,700	0,40
Кальций фосфорнокислый, Са(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> из обесфторенной фосфорной кислоты, кормо- вой	97	-	15,800	0,40
Дикальций фосфат (двухосновной), СаHPO <sub>4</sub> из обесфторенной фосфорной кислоты, кор- мовой	97	-	14,400	0,40
Сернокислое железо гектогидрат FeSO <sub>4</sub> x7H <sub>2</sub> O, кормовой	98	-	218,400	0,60
Фосфат скальных пород, кормовой	100	-	16,800	0,40
Фосфорная кислота, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , кормовая	75	-	17,500	0,40
Фосфат из мягких скальных пород, глинозем	100	-	19,000	0,40
<b>Источники Mn</b>		<b>Mn(мг/кг)</b>		
Марганец углекислый, MnCO <sub>3</sub> хч	97	-	478,000	0,0015
Марганец хлористый MnCl <sub>2</sub> хч	100	-	430,000	0,0120
Марганец хлористый тетрагидрат MnCl <sub>2</sub> x4H <sub>2</sub> Oхч	100	-	277,000	0,0120
Оксид марганца, MnOхч	99	-	774,500	0,0025

Продолжение приложения 4

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивалента сырого белка N % x 6,25	Содержание основного элемента	Кэффи- циент биодо- ступности
Марганец сернокислый моногидрат, $MnSO_4 \cdot H_2O^{xч}$	100	-	325,069	0,0120
Марганец сернокислый пентагидрат, $MnSO_4 \cdot 5H_2O^{xч}$	100	-	227,891	0,0100
<b>Источники Se</b>		<b>Se (мг/кг)</b>		
Селенит натрия декагидрат, $Na_2SeO_4 \cdot 10H_2O^{xч}$	100	-	213,920	
Селенит натрия, $Na_2SeO_4^{xч}$	98	-	456,000	
<b>Источники Zn</b>		<b>Zn (мг/кг)</b>		
Цинк углекислый, $ZnCO_3^{xч}$	100	-	521,400	0,10
Цинк хлористый, $ZnCl_2^{xч}$	100	-	479,700	0,20
Оксид цинка, $ZnO^{xч}$	100	-	780,000	0,12
Цинк сернокислый моногидрат, $ZnSO_4 \cdot H_2O$ , кормовой	99	-	363,600	0,20
<b>Источники F</b>		<b>F (мг/кг)</b>		
Аммоний фосфорнокислый (двуосновной), $(NH_4)_2HPO_4$ , кормовой	97	115,9	2,100	
Аммоний фосфорнокислый (одноосновной), $(NH_4)H_2PO_4$ , кормовой	97	70,9	2,500	
Кальций фосфорнокислый(одноосновной), $Ca(H_2PO_4)_2$ из обесфторенной фосфорной кислоты, кормовой	97	-	2,100	
Кюрако фосфат, кормовой	99	-	5,550	
Дикальций фосфат (двуосновной) $CaHPO_4$ из обесфторенной фосфорной кислоты, кормо- вой	97	-	1,800	
Обесфторенны фосфат, кормовой	100	-	1,800	
Горный фосфат, кормовой	100	-	35,000	
Фосфорная кислота, $H_3PO_4$ , кормовая	75	-	3,100	
Мягкий фосфат, глинозем, кормовой	100	-	15,000	

Замечание: Состав гидротированных минеральных источников (например,  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) показано с включением воды. Минеральные источники кормового обозначения изменяются в зависимости от методов производства, поэтому рекомендуется делать анализ. Содержание элементов показано, если концентрация отдельного элемента  $\geq 1,0$  % для макроэлементов,  $\geq 10,000$  мг/кг для микроэлемента, за исключением концентрации фтора, который взят из-за высокой токсичности.

о – применять осторожно, так как может быть опасен.

**Приложение 5. Рацион для нетелей голштинской породы в транзитный период 21-0 дней до отела, ж.м (вместе с плодом) 600 кг.**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос	11,4	52,40	3,87	35,0
Сенаж	4,0	18,60	1,66	15,0
Сено	0,9	4,20	0,77	7,0
Отруби пшеничные	0,29	1,53	0,28	2,5
Кукуруза сух. (дёрть)	2,05	9,44	1,80	16,3
Жом сухой	0,29	1,30	0,27	2,4
Патока	0,38	1,70	0,28	2,5
Соевый жмых	1,72	7,90	1,55	14,0
Подсолн. шрот	0,37	1,70	0,33	3,0
Премикс для 2-ой фазы сухостоя	0,11	0,54	0,11	1,0
Мел	0,11	0,54	0,11	1,0
Соль	0,03	0,15	0,03	0,3
Итого	21,7	100	11,05	100

Содержится в рационе:

	На гол/сут	Норма	В 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	11,05	11,0	-	-
ОЭ, МДж	113,8	118,8	10,3	10,8
СБ, г	1558	1540	141	140
НРБ, г	553	539	50	49
НДК, г	4310	4301	390	391
СК, г	1879	-	170	-
НКУ, г	4310	4334	390	394
Са, г	89,5	59,4	8,1	5,4
Р, г	32,7	33,6	3,21	3,05
NaCl, г	33,0	33,0	0,3	0,3

**Приложение 6. Рацион для коров и нетелей (транзитный период) 21-0 дней до отела, ж. м (вместе с плодом) 625 кг.**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос	11,4	52,40	3,87	35,0
Сенаж	4,0	18,60	1,66	15,0
Сено	0,9	4,20	0,77	7,0
Отруби пш.	0,29	1,53	0,28	2,5
Кукуруза сух. (дёрть)	2,05	9,44	1,80	16,3
Жом сухой	0,29	1,30	0,27	2,4
Патока	0,38	1,70	0,28	2,5
Соевый жмых	1,72	7,90	1,55	14,0
Подсолн. шрот	0,37	1,70	0,33	3,0
Премикс для 2-ой фазы сухостоя	0,11	0,54	0,11	1,0
Мел	0,11	0,54	0,11	1,0
Соль	0,03	0,15	0,03	0,3
Итого	21,7	100	11,05	100

Содержится в рационе:

Продолжение приложения 6

	на гол/сут	Норма	в 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	11,05	11,0	-	-
ОЭ, МДж	113,8	118,8	10,3	10,8
СБ, г	1558	1540	141	140
НРБ, г	553	539	50	49
НДК, г	4310	4301	390	391
СК, г	1879	-	170	-
НКУ, г	4310	4334	390	394
Са, г	89,5	59,4	8,1	5,4
Р, г	32,7	33,6	2,96	3,05

**Приложение 7. Рацион для коров в послелектельный период  
лактации 0-21 дн, ж. м. 600 кг, сут. удой 30 кг, молочный жир  
3,9%, молочный белок 3,3%**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	12,1	41,0	4,0	23,5
Сенаж люц.	5,30	18,0	2,20	12,9
Сено люц.	1,60	5,4	1,35	8,0
Отруби пш.	0,40	1,4	0,34	2,0
Кукуруза сух.(дёрть)	3,70	12,5	3,27	19,2
Жом сухой	0,45	1,5	0,41	2,4
Пагока	0,55	1,9	0,43	2,5
Соевый жмых	3,53	12,0	3,25	19,1
Жмых подсолн.	0,63	2,1	0,57	3,4
Жир защищенный	0,63	2,1	0,57	3,4
Премикс для лакт коров «Вита-Лайн	0,18	0,60	0,17	1,0
Мел	0,21	0,70	0,20	1,2
Соль	0,12	0,40	0,12	0,7
Сода питьевая	0,12	0,40	0,12	0,7
Итого	29,5	100	17,0	100

Содержится в рационе:

	на гол/сут	Норма	в 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	17	17	-	-
ОЭ, МДж	209	221	12,3	13,0
СП, г	2788	2788	164	164
НРП, г	952	1020	56	60
СК, г	2805	-	165	-
НДК, г	5525	5100	325	300
Са, г	155	133	9,1	7,8
Р, г	56	57,8	3,3	3,4
NaCl, г	119	119	7,0	7,0

**Приложение 8. Рацион для лакт. коров в период 120-220 дней после отела, ж. м. 600 кг, сут. удой 20 кг, молочный жир 3,9%, белок 3,3%**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	14,00	45,5	4,90	29,3
Сенаж люц.	6,00	19,5	2,39	14,3
Сено люц.	1,36	4,4	1,13	6,8
Отруби пшеничные	0,90	3,0	0,79	4,6
Кукуруза (дёрть)	3,53	11,5	3,11	18,6
Жом сухой	1,00	3,2	0,86	5,5
Соевый жмых	2,41	7,8	2,17	13,0
Патока	0,50	1,6	0,44	2,6
Подсолн. шрот	0,52	1,7	0,47	2,8
Премикс для лакт. коров	0,18	0,6	0,16	1,0
Соль	0,09	0,3	0,08	0,45
Мел	0,18	0,6	0,16	1,0
Сода	0,09	0,3	0,08	0,45
Итого	30,8	100	16,7	100

Содержится в рационе:

	На гол/сут	Норма	в 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	16,7	16,7	-	-
ОЭ, МДж	177	177	10,6	10,6
СБ, г	2338	2422	140	145
НРБ, г	718	835	43	50
НДК, г	5311	5344	318	320
КДК, г	3223	3474	193	208
НКУ, г	6981	6847	418	410
Са, г	145	104	8,7	6,2
Р, г	54,3	53,4	3,25	3,2
NaCl, г	83,5	83,5	5	5
Mg, г	35,1	23,4	2,1	1,4

**Приложение 9. Рацион для лакт. коров в период 220 дней после отела и более, ж. м. 600 кг, сут. надой молока 12 кг, жирность 3,9%, белок 3,3%**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	14,40	48,0	4,7	30,0
Сенаж люц.	5,90	19,7	2,4	15,4
Сено люц.	1,95	6,5	1,6	10,3
Отруби пшеничные	1,00	3,3	0,88	5,6
Соевый жмых	1,42	4,6	1,28	8,2
Жом сухой	0,53	1,8	0,48	3,1
Подсолн. шрот	1,00	3,3	0,90	5,8
Патока	0,40	1,3	0,32	2,1
Кукуруза сух. (дёрть)	3,10	10,3	2,70	17,3
Премикс для лакт. коров	0,17	0,6	0,16	1,0
Соль	0,07	0,2	0,064	0,4
Мел	0,12	0,4	0,12	0,8
Итого	30,0	100	15,6	100



Содержится в рационе:

Продолжение приложения 9

	на гол/сут	Норма	в 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	15,6	15,6	-	-
ОЭ, МДж	156	156	10,0	10,0
СБ, г	2153	2106	138	135
НРБ, г	593	655	38	42
РРБ, г	1560	1451	103	93
НДК, г	5226	5148	335	330
КДК, г	3058	3276	196	210
СК, г	2964	-	190	-
НКУ, г	6318	5928	405	380
Са (общ), г	149,8	96,7	9,6	6,2
Р (общ), г	60,8	56,2	3,9	3,6
Mg, г	32,8	23,4	2,1	1,5
NaCl, г	62,4	62,4	4,0	4,0

**Приложение 10. Рацион для коров в 1-й период сухостоя, 225-265 дн. стельности (60-20 дней до отела), ж. м. 580-600 кг, ВСS=3**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	14,0	56,80	5,29	43,7
Сенаж люц.	5,5	22,30	2,45	20,2
Сено люц.	4,0	16,20	3,36	27,8
Солома пш.	0,5	2,13	0,45	3,7
Шрот подс.	0,5	2,02	0,42	3,5
Премикс для сухостойных коров	0,12	0,50	0,12	1,0
Соль	0,012	0,05	0,01	0,1
Итого	24,63	100	12,10	100

Содержится в рационе:

	на гол/сут	Норма	в 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	12,1	12	-	-
ОЭ, МДж	108,9	102	9,0	8,5
СБ, г	1355	1296	112	108
НРБ, г	363	300	30	25
РРБ, г	992	996	82	83
НДК, г	5687	6000	470	500
КДК, г	3691	3840	305	320
СК, г	3267	3180	270	265
НКУ, г	3787	3480	313	290
Са (общ.), г	79,1	54	6,54	4,5
Са (усв.), г	27,8	18,7	2,30	1,56
Р (общ.), г	28,8	27,6	2,38	2,3
Р (усв), г	17,5	17,6	1,45	1,47
Mg, г	30,2	19,2	2,5	1,6
NaCl, г	14,5	14,5	1,2	1,2

**Приложение 11. Рацион для телят в возрасте 3-6 месяцев, ж.м.  
96-177 кг, с.с. прирост 900 г.**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	1,50	27,5	0,52	14,2
Сенаж люц.	0,70	12,8	0,29	7,9
Сено люц.	0,35	6,4	0,29	7,9
Ячмень	0,40	7,3	0,35	9,5
Кукуруза	1,00	18,3	0,88	23,3
Отруби	0,30	5,5	0,26	7,1
Жмых соевый	0,50	9,2	0,45	12,3
Жмых подсолн.	0,45	8,3	0,41	11,2
БВМД для телят 0-6 мес.	0,21	3,9	0,18	5,0
Соль	0,022	0,4	0,02	0,5
Мел	0,022	0,4	0,02	0,4
Итого	5,45	100	3,67	100

Содержится в рационе:

	На гол/сут	Норма	В 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	3,67	3,60	-	-
ОЭ, МДж	40,0	39,6	10,9	11,0
СП, г	620	549	169	165
НРП, г	172	173	47	48
РП, г	448	421	122	117
СК, г	46	45	12,5	12,5
Са, г	25,7	25,2	7,0	7,0
Р, г	16,5	14,4	4,5	4,0
NaCl, г	14,7	14,4	4,0	4,0

**Приложение 11. Рацион для ремонтных телок в возрасте 6-12  
месяцев, ж. м. 177-330 кг, с. с. прирост 850 г.**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	4,40	41,8	1,74	29,0
Сенаж люц.	2,20	20,9	0,90	15,0
Сено люц.	1,50	14,3	1,20	20,0
Отруби пшен.	0,50	4,8	0,40	7,6
Жмых соевый	0,46	4,4	0,41	6,8
Жмых подсолн.	0,46	4,4	0,41	6,8
Кукуруза (дёрть)	0,55	5,2	0,49	8,2
Ячмень (дёрть)	0,34	3,2	0,30	5,1
Премикс для телок и нетелей	0,07	0,7	0,06	1,0
Соль	0,022	0,2	0,02	0,3
Мел	0,011	0,1	0,01	0,2
Итого	10,513	100	6,0	100

Содержится в рационе:

Продолжение приложения 11

	На гол/сут	Норма	В 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	6	6	-	-
ОЭ, МДж	57,6	57,6	9,6	9,6
СП, г	846	840	141	140
НПП, г	246	258	41	43
НДК, г	2100	1980	350	330
КДК, г	1080	1200	180	200
СК, г	1218	1230	203	205
НКУ, г	2460	2400	410	400
Са (общ.), г	39	36	6,5	6
Са (усв.), г	27	21	4,5	3,5
Р (общ.), г	27	16,8	4,5	2,8
Р (усв.), г	22,2	13,8	3,7	2,3
NaCl, г	24	24	4,0	4,0

**Приложение 12. Рацион для ремонтных телок в возрасте 12 месяцев, ж. м. 350 кг, с. с. прирост 850 г.**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	4,40	41,8	1,74	29,0
Сенаж люц.	2,20	20,9	0,90	15,0
Сено люц.	1,50	14,3	1,20	20,0
Отруби пшен.	0,50	4,8	0,40	7,6
Жмых соевый	0,46	4,4	0,41	6,8
Жмых подсолн.	0,46	4,4	0,41	6,8
Кукуруза (дёрть)	0,55	5,2	0,49	8,2
Ячмень (дёрть)	0,34	3,2	0,30	5,1
Премикс для телок и нетелей	0,07	0,7	0,06	1,0
Соль	0,022	0,2	0,02	0,3
Мел	0,011	0,1	0,01	0,2
Итого	10,513	100	6,0	100

Содержится а рационе:

	На гол/сут	Норма	В 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	6	6	-	-
ОЭ, МДж	57,6	57,6	9,6	9,6
СБ, г	846	840	141	140
НРБ, г	246	258	41	43
НДК, г	2100	1980	350	330
КДК, г	1080	1200	180	200
СК, г	1218	1230	203	205
НКУ, г	2460	2400	410	400
Са (общ.), г	39	36	6,5	6
Са (усв.), г	27	21	4,5	3,5
Р (общ.), г	27	16,8	4,5	2,8
Р (усв.), г	22,2	13,8	3,7	2,3
NaCl, г	24	24	4,0	4,0

**Приложение 13. Рацион для ремонтных телок в возрасте 12-16 месяцев, ж. м. 330-426 кг, с. с. прирост 800 г.**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	10,0	61,0	3,96	50,2
Сенаж люц.	3,3	20,1	1,240	15,7
Сено люц.	1,1	6,8	0,910	11,5
Кукуруза (дёрть)	0,66	4,0	0,59	7,5
Ячмень	0,55	3,4	0,480	6,1
Соевый шрот	0,33	2,0	0,300	3,8
Шрот подсолн.	0,33	2,0	0,300	3,8
Премикс для телок и нетелей	0,08	0,5	0,080	1,0
Соль	0,016	0,1	0,014	0,2
Мел	0,016	0,1	0,014	0,2
Итого	16,4	100	7,89	100

Содержится в рационе:

	На гол/сут	Норма	В 1 кг СВ	Норма
СВ, кг	7,9	7,9	-	-
ОЭ, МДж	75,8	75,1	9,6	9,5
СП, г	1090	988	138	125
НРП, г	261	229	33	29
РП, г	743	758	94	96
НДК, г	3018	2978	382	377
КДК, г	1967	1936	249	245
СК, г	1659	1659	210	210
НКУ, г	3160	3049	400	386
Са, г	42,2	42,2	5,35	5,35
Р, г	26,9	20,0	3,40	2,53
NaCl, г	15,8	15,8	2,0	2,0
Mg, г	17,4	11,1	2,2	1,4

**Приложение 14. Рацион для нетелей в возрасте 16 месяцев, ж. м. 430 кг, с. с. прирост 0,85 кг.**

Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кук.	10,0	61,0	3,96	50,2
Сенаж люц.	3,3	20,1	1,240	15,7
Сено люц.	1,1	6,8	0,910	11,5
Кукуруза (дёрть)	0,66	4,0	0,59	7,5
Ячмень	0,55	3,4	0,480	6,1
Соевый шрот	0,33	2,0	0,300	3,8
Шрот подсолн.	0,33	2,0	0,300	3,8
Премикс для телок и нетелей	0,08	0,5	0,080	1,0
Соль	0,016	0,1	0,014	0,2
Мел	0,016	0,1	0,014	0,2
Итого	16,4	100	7,89	100

Содержится в рационе:

	На гол/сут	Норма	В 1 кг СВ	Норма
1	2	3	4	5
СВ, кг	7,9	7,9	-	-
ОЭ, МДж	75,8	75,1	9,6	9,5
СВ, г	1090	988	138	125
НРБ, г	261	229	33	29

Продолжение приложения 14

1	2	3	4	5
РБ, г	743	758	94	96
НДК, г	3018	2978	382	377
КДК, г	1967	1936	249	245
СК, г	1659	1659	210	210
НКУ, г	3160	3049	400	386
Ca, г	42,2	42,2	5,35	5,35
P, г	26,9	20,0	3,40	2,53
NaCl, г	15,8	15,8	2,0	2,0
Mg, г	17,4	11,1	2,2	1,4

**Приложение 15. Схема выращивания телят 0-3 мес. возраста**

Возраст	Ж.м., кг	Ср. сут. прирост ж. м., г	Молоко, л	Стартер, г	Сено, кг	Силос, кг
1 нед.	35	500	4,8	с 5-го дня	-	-
2 нед.	38	580	5,1	50	приуч.	-
3 нед.	42	650	6,0	150	приуч.	-
4 нед.	46	700	6,0	260	0,2	приуч.
5 нед.	51	750	6,0	300	0,25	0,20
6 нед.	57	800	6,0	400	0,30	0,30
7 нед.	63	800	6,0	500	0,30	0,35
8 нед.	68	800	5,0	750	0,40	0,40
9 нед.	73	800	3,0	1200	0,40	0,45
10 нед.	79	800	-	2100	0,50	0,50
11 нед.	85	800	-	2300	0,60	0,80
12 нед.	90	800	-	2600	0,70	1,00
13 нед.	96	900	-	2800	0,80	1,5
Итого			364	94,4	31,1	39,0

**Приложение 16. Состав премикса для телят 0-6 мес. возраста и ремонтных телок**

Компоненты	Ед.изм	Кол-во активного вещества/кг премикса	Формула вводимых в премиксы источников элементов *	Содержание основного элемента в соли, % *	Ввод витаминов и соли, г/кг премикса	Кол-во в 1 кг СВ рациона
Вит.А	М.Е.	750 000	-	100	750 000	7500
Вит.Д3	М.Е.	150 000	-	100	150 000	1500
Вит.Е	г	6	-	100	65	60 мг
Медь (Cu)	г	1,0	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	25,4	4,0	10 мг
Цинк (Zn)	г	4,0	ZnO(ZnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O)	78(36,3)	5,1(11,1)	40 мг
Марганец (Mn)	г	4,0	MnSO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O(MnSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O)	32,5(22,7)	12,3 (17,6)	40 мг
Железо (Fe)	г	2,5	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	21,8	11,5	25 мг
Иод (I)	г	0,05	KI	68,1	0,07	0,5 мг
Селен (Se)	г	0,05	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> (Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> ·10 H <sub>2</sub> O)	45,6(21,4)	0,11(0,23)	0,5 мг
Кобальт (Co)	г	0,05	CoCO <sub>3</sub> (CoCO <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O)	46(24,8)	0,11(0,20)	0,5 мг

Наполнитель – пшеничные отруби

\*- В скобках дан альтернативный препарат и содержание в нем активного вещества.

## Приложение 17. Состав кормов для свиней и птиц (87-90% сухого вещества)

Состав, % натурального корма	Зерно злаковых культур																	
	кукуруза желтая	кукуруза высоколизиновая	овес	овсянка	пшеница озимая	пшеница яровая	просо	рис	рис шлифов.	рожь	сorgho							
Сухое вещество	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87							
ОЭ, МДж/кг для свиней	14,23	14,23	11,3	13,43	13,74	13,6	11,92	13,6	14,02	13,14	14,23							
ОЭ, МДж/кг для птиц	13,89	13,81	10,63	11,85	12,80	12,65	12,43	11,09	12,51	11,63	13,60							
ОЭ, ккал/кг для птиц	3320	3300	2540	2833	3060	3023	2970	2650	2990	2780	3250							
Сырой белок (протеин)	8,5	9,0	12,0	13,0	11,5	14,0	11,2	8,0	8,5	11,5	9,5							
Сырой жир	4,0	5,0	5,0	6,2	2,1	2,0	3,6	1,5	1,0	1,5	3,0							
Сырая клетчатка	2,0	2,5	10,5	4,0	2,3	2,3	6,5	5,0	3,1	2,5	2,5							
НДК	9,6	10,6	27,0	6,5	12,0	12,0	15,8	23,7	12,2	12,3	18,0							
КДК	2,8	3,6	13,5	2,7	3,7	3,7	13,8	13,9	3,1	4,6	8,3							
Линолевая к-та, %	1,92	2,3	1,62	2,4	0,83	0,9	1,92	0,28	0,4	0,76	1,13							
Переваримость СВ, %	89	88	89	90	88	88	90	90	89	88	89							
<b>Аминокислоты:*</b>																		
	ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%	
Лизин	0,27	85	0,43	89	0,46	70	0,48	0,32	93	0,39	85	0,25	0,35	0,58	0,39	64	0,24	62
Метионин	0,18	86	0,16	89	0,24	79	0,21	0,2	85	0,22	79	0,3	0,2	0,23	0,16	76	0,16	81
Цистин	0,19	78	0,2	88	0,26	69	0,26	0,28	89	0,3	0	0,16	0,14	0,22	0,18	74	0,18	79
Гриптофан	0,08	87	0,12	89	0,16	72	0,17	0,15	66	0,16	76	0,15	0,09	0,13	0,12	67	0,12	75
Треонин	0,3	84	0,38	93	0,43	59	0,44	0,34	84	0,43	86	0,44	0,32	0,44	0,33	59	0,32	68
Изолейцин	0,32	88	0,39	89	0,5	74	0,57	0,41	87	0,51	85	0,54	0,4	0,43	0,39	68	0,41	80
Лейцин	1,19	96	0,94	91	1,01	78	0,98	0,76	86	0,95	87	1,18	0,71	0,82	0,6	71	1,25	86
Аргинин	0,4	95	0,59	93	1	85	0,84	0,6	89	0,63	92	0,43	0,5	0,82	0,58	73	0,4	78
Гистидин	0,25	92	0,27	96	0,3	81	0,24	0,3	86	0,29	84	0,25	0,21	0,28	0,25	71	0,25	73
Фенилаланин	0,41	91	0,35	85	0,8	81	0,66	0,6	85	0,65	90	0,62	0,44	0,49	0,54	76	0,52	81
Гирозин	0,26	91	0,3	91	0,43	76	0,4	0,33	84	0,41	84	0,3	0,22	0,44	0,24	65	0,37	83
Валин	0,42	86	0,46	90	0,7	73	0,72	0,57	88	0,56	83	0,6	0,55	0,75	0,5	67	0,44	78
<b>Минералы:</b>																		
Кальций	0,03		0,03		0,07		0,08		0,04		0,05		0,3		0,04		0,04	
Фосфор общ.	0,28		0,29		0,31		0,42		0,39		0,36		0,3		0,18		0,18	
Фосфор дост.	0,1		0,1		0,08		0,1		0,1		0,15		0,08		0,1		0,19	

\* Две цифры аминокислот в колонке обозначают: слева - общее количество % натурального корма, справа - количество ИИП аминокислот, в % от общего; ИИП аминокислот некоторых кормов не определена. Данные по составу кормов взяты из отечественных источников, а также заимствованы из: Nutrient requirements of swine, 1998, NRC; Rhone poulenc animal nutrition, feed formulation guide 6-th edition 1993

Продолжение приложения 17

Состав, % натурального корма	Зерно злаковых культур				Семена бобовых культур и гречиха													
	ячмень озимый	ячмень яровой	ячмень шпифов.	тритикале	бобы конские	вика	горох	лопин белый слад-кий	соя полножирная экстрадиров.	чечевица	гречиха							
Сухое вещество	87	87	87	87	90	90	90	90	96	90	90							
ОЭ, МДж/кг для свиней	12,18	12,13	13,8	13,64	12,8		13,43	13,83	16,57	14,4	11,1							
ОЭ, МДж/кг для птиц	11,34	11,30	11,34	13,23	11,09		11,09	10,46	13,81		11,13							
ОЭ, ккал/кг для птиц	2710	2700	2710	3163	2650		2650	2500	3300		2660							
Сырой белок (протеин)	10,0	11,7	12,0	12,0	27,3	27,0	23,0	36,0	37,0	25,7	12,0							
Сырой жир	1,9	1,9	2,1	1,8	1,5		1,5	10,0	18,0	1,3	2,4							
Сырая клетчатка	5,0	5,1	1,8	2,3	7,0		6,5	11,0	5,5	5,4	11,0							
НДК	18,6	18,6	10,1	12,7	13,7	22,3	12,7	20,3	13,9	21,6	17,8							
КДК	7,0	7,0	2,2	3,8	9,7	17,1	7,2	16,4	8,0	16,4	14,3							
Линолевая к-та, %	0,91	0,88	1,14	0,71	0,62		0,47	1,62	9,13	0,41	0,53							
Переваримость СВ, %	89	88	88	90	87	86	91	87	90	87	86							
<b>Аминокислоты:*</b>																		
	ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%	
Лизин	0,36	85	0,4	85	0,43	0,4	76	1,77	84	1,67	1,5	84	1,6	78	2,28	85	1,78	0,6
Метионин	0,16	79	0,21	80	0,22	0,21	85	0,22	73	0,25	0,22	78	0,3	65	0,51	84	0,2	0,2
Цистин	0,2	79	0,24	76	0,25	0,27	83	0,34	65	0,27	0,29	68	0,5	78	0,55	87	0,28	0,23
Триптофан	0,12	76	0,12	76	0,14	0,15	74	0,25	68	0,24	0,22	70	0,27		0,49	81	0,2	0,18
Треонин	0,33	86	0,37	86	0,38	0,35	69	0,99	75	0,87	0,8	73	1,22	74	1,35	83	0,87	0,48
Изолейцин	0,35	85	0,42	85	0,34	0,4	80	1,15	80	0,94	0,95	79	1,64	82	1,56	84	1,08	0,44
Лейцин	0,7	87	0,8	87	0,65	0,82	82	1,86	82	1,8	1,6	80	2,24	81	2,85	86	1,9	0,7
Аргинин	0,5	92	0,6	92	0,5	0,6	85	2,17	89	2,06	1,82	87	3,4	91	2,78	89	2,0	0,8
Гистидин	0,24	84	0,27	84	0,18	0,25	84	0,7	85	0,89	0,56	83	0,87	85	1,02	85	0,85	0,26
Фенилаланин	0,53	90	0,52	90	0,6	0,49	84	1,15	78	1,15	1,0	81	1,34	82	1,74	87	1,3	0,52
Тирозин	0,26	88	0,3	84	0,4	0,3	81	0,89	79	0,79	0,74	83	1,3	81	1,4	85	0,75	0,35
Валин	0,51	83	0,56	83	0,55	0,51	79	1,06	78	0,93	1,0	76	1,29	77	1,64	86	1,39	0,6
<b>Минералы:</b>																		
Кальций	0,06	0,06	0,04	0,05	0,11			0,11		0,11		0,22	0,25	0,1	0,09			
Фосфор общ.	0,35	0,35	0,45	0,33	0,54			0,39		0,39		0,51	0,59	0,38	0,31			
Фосфор дост.	0,17	0,17	0,2	0,16	0,13			0,15		0,15		0,1	0,11	0,1	0,15			

Продолжение приложения 17

Состав, % натурального корма	Отходы от переработки зерна									Отходы крахмало-сахарного производства												
	пшеничная кор- мовая мука	отруби пшенич- ные	пшеничная круп- ка (shorts)	отруби рисовые	отходы от поли- ровки риса	зерно кукурузы из спиртовой барды + экстракт	зерно кукурузы из спиртовой барды + экстракт	пивная дробина	кукурузный глю- теиновый корм	зародыши кукурузные		кукурузный глю- теи 60	картофельный белковый кон- центрат	Рисовый бело- вый концентрат								
										экстрагиро- ванные	прессован- ные											
Сухое вещество	88	88	88	88	88	90	90	90	90	90	90	90	90	93								
ОЭ, МДж/кг для свиней	14,6	9,54	11,8	11,1	13,1	11,36	14,43	8,53	11,3	10,3	12,2	16,53	15,81	17,68								
ОЭ, МДж/кг для птиц	10,75	5,44	10,97	12,13	12,93	8,25	10,38	8,10	15,56	7,41	14,64	15,06	15,15	16,97								
ОЭ, ккал/кг для птиц	2570	1300	2623	2900	3090	1972	2480	1936	3720	1770	3500	3600	3620	4056								
Сырой белок (протеин)	14,0	15,5	16,0	12,5	12,0	24,8	27,7	26,0	20,0	22,5	22,0	60,0	73,8	67,5								
Сырой жир	3,0	4,0	4,6	13,5	12,0	7,9	8,4	7,5	3,0	1,5	9,5	3,0	1,5	-								
Сырая клетчатка	2,0	10,0	6,0	12,0	13,0	10,0	9,5	15,0	8,5	10,0	12,0	1,5	1,0	-								
НДК	19,9	42,1	28,4	27,3	-	40,4	34,6	47,0	33,3	н/о	н/о	8,7	1,8	н/о								
КДК	10,7	13,0	8,6	13,9	4,0	17,5	16,3	21,8	8,7	н/о	н/о	4,6	-	н/о								
Линолевая к-та, %	0,8	1,8	1,9	4,12	3,58	4,46	2,15	3,14	1,43	0,7	3,4	1,17	-	-								
Переваримость СВ, %	89	89	88	90	89	94	93	87	90	88	87	90	95	98								
<b>Аминокислоты:*</b>																						
		ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%		
Лизин	0,49	0,56	69	0,69	94	0,57	0,6	0,74	0,74	59	1,08	69	0,63	51	1,01	0,98	1,02	75	5,83	79	2,21	87
Метионин	0,23	0,25	76	0,25	96	0,26	0,25	0,43	0,48	80	0,45	74	0,35	79	0,41	0,41	1,43	87	1,68	83	1,77	69
Цистин	0,3	0,3	70	0,32	79	0,27	0,27	0,28	0,28	75	0,49	67	0,4	53	0,47	0,47	1,09	79	1,2	56	1,45	81
Триптофан	0,2	0,25	65	0,21	86	0,14	0,1	0,2	0,25	75	0,26	73	0,07	47	0,24	0,22	0,31	81	1,02	59	0,81	103
Треонин	0,42	0,49	60	0,52	88	0,48	0,4	0,62	0,89	68	0,95	70	0,74	57	0,87	0,86	2,08	80	4,3	78	2,12	79
Изолейцин	0,54	0,64	69	0,54	91	0,44	0,45	0,95	0,95	72	1,02	81	0,66	68	0,8	0,8	2,48	84	4,09	80	2,91	81
Лейцин	0,98	1,08	71	0,98	90	0,92	0,81	2,63	2,93	80	2,08	73	1,96	81	1,92	1,89	10,2	88	7,61	83	5,31	79
Аргинин	0,85	1,02	83	1,1	86	1,0	0,96	0,9	0,98	79	1,53	81	1,04	79	1,56	1,5	1,93	87	3,8	83	5,26	90
Гистидин	0,37	0,36	76	0,41	90	0,34	0,32	0,6	0,6	79	0,53	70	0,67	69	0,68	0,66	1,28	82	1,71	84	1,65	83
Фенилаланин	0,66	0,66	76	0,6	88	0,56	0,52	0,99	0,99	76	1,22	81	0,76	80	0,97	0,97	3,84	86	4,8	82	3,52	81
Тирозин	0,43	0,43	75	0,45	78	0,4	0,39	0,82	0,82	71	0,88	91	0,58	80	0,63	0,71	3,25	84	4,27	78	3,32	77
Валин	0,7	0,71	70	0,79	91	0,68	0,7	1,24	1,24	74	1,26	73	1,01	63	1,35	1,28	2,79	82	4,89	78	4,13	81
<b>Минералы:</b>																						
Кальций	0,05	0,16	0,09	0,07	0,09	0,1	0,2	0,3	0,28	0,09	0,06	0,02	0,17	0,1								
Фосфор общ.	0,3	1,2	0,84	1,61	1,18	0,4	0,77	0,5	0,8	0,5	0,45	0,4	0,19	0,72								
Фосфор дост.	0,12	0,6	0,3	0,4	0,3	0,13	0,27	0,4	0,27	0,17	0,15	0,13	0,06									



Состав, % натурального корма	Отходы сахар. произ.		Жмыхи, шроты, белковые концентраты																
	жом сухой свекловичный	свекловичная патока	Арахисовые		Подсолнечные			Соевые			соевый белковый концентрат	соевый белковый изолят							
			жмых	шрот	жмых	шрот	шрот из семян без лузги	жмых	шрот	шрот из семян без оболочки									
Сухое вещество	88	75	92	92	92	92	92	92	92	92	92	90	92						
ОЭ, МДж/кг для свиней	10,46	10,92	14,8	13,39	9,62	8,12	11,44	12,13	13,31	14,14	14,64	14,9							
ОЭ, МДж/кг для птиц		9,83				5,44			9,62										
ОЭ, ккал/кг для птиц		2350				1300			2300										
Сырой белок (протеин)	9,0	10,0	43,2	49,0	36,0	38,0	42,2	42,0	44,0	48,0	64,0	85,8							
Сырой жир	1,0	-	6,5	1,5	7,6	2,0	2,9	3,5	1,5	3,0	3,0	0,6							
Сырая клетчатка	18	-	8,0	10,0	15,6	16,4	6,5	6,5	7,0	3,0	1,5	15,0							
НДК	42,4	0,1	14,6	16,2	48,4	55,9	25,9	12,0	13,3	8,9	-	-							
КДК	24,3	0,1	9,1	12,2	37,2	38,8	18,0	8,5	9,4	5,4	-	-							
Линолевая к-та, %	-	-	1,7	0,3	2,7	1,2	0,69	1,6	0,69	0,6	-	-							
Переваримость СВ, %	85	98	92	92	86	85	93	89	90	90	90	90							
<b>Аминокислоты:*</b>																			
			ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%	
Лизин	0,51		1,48	1,62	78	1,1	1,15	87	1,2	74	2,48	68	2,88	92	3,02	85	4,2	93	5,26
Метионин	0,07		0,5	0,57	85	0,54	0,59	78	0,82	87	0,52	75	0,61	91	0,67	86	0,9	91	1,01
Цистин	0,06		0,6	0,67	77	0,45	0,64	78	0,66	74	0,53	73	0,7	88	0,74	79	1	90	1,19
Триптофан	0,1		0,41	0,5	73	0,38	0,43	84	0,44	76	0,6	55	0,6	94	0,65	81	0,9	89	1,08
Треонин	0,41		1,16	1,29	74	1	1,04	90	1,33	71	1,65	58	1,71	87	1,85	78	2,8	90	3,17
Изолейцин	0,32		1,41	1,58	83	1,17	1,29	90	1,44	78	1	75	2	88	2,16	84	3,3	93	4,25
Лейцин	0,61		2,77	3	85	1,7	1,8	83	2,31	77	3,2	75	3,5	89	3,66	84	5,3	93	6,64
Аргинин	0,32		4,8	5,19	93	2,94	3,12	91	2,93	89	2,7	78	3,25	96	3,48	90	5,79	97	6,87
Гистидин	0,22		1,01	1,05	81	0,64	0,8	97	0,92	79	1	68	1,1	93	1,28	86	1,8	95	2,25
Фенилаланин	0,3		2,02	2,29	89	1,69	1,79	86	1,6	80	1,95	68	2,15	89	2,39	84	3,46	94	4,34
Тирозин	0,31		1,74	1,8	91	1,5	1,6	84	1,02	77	1,49	69	1,69	90	1,82	85	2,5	93	3,1
Валин	0,44		1,7	1,81	82	1,61	1,68	89	1,74	75	1,82	73	2,3	87	2,27	81	3,4	91	4,21
<b>Минералы:</b>																			
Кальций	1	0,15	0,17	0,22	0,43	0,25	0,37	0,2	0,32	0,34	0,35	0,15							
Фосфор общ.	0,1	0,02	0,59	0,65	1	1	1,01	0,6	0,65	0,69	0,81	0,65							
Фосфор дост.	0,03	0,01	0,06	0,07	0,14	0,07	0,05	0,3	0,32	0,17	-	-							

Продолжение приложения 17

Состав, % натурального корма	Жмыхи, шроты, белковые концентраты										Люцерна		Животные корма						
	рапсовые		сезам (кунжут)		шрот льняной	кокосовый орех (копра)	хлопок		сафлор		обезвоженная мука 15% СП	обезвоженная мука 17% СП	молоко						
	жмых	шрот	жмых	шрот			жмых	шрот	шрот	очищенная от оболочек			сухое обезжиренное молоко	казеин					
Сухое вещество	92	90	91	91	91	91	91	91	92	92	90	90	95	95					
ОЭ, МДж/кг для свиней	13,2	11,67	12	11,59	11,3	11,3	11,7	11,36	9,08	12,18	7,57	7,91	15,54	14,79					
ОЭ, МДж/кг для птиц	7,95	7,49	9,25	8,87	10,51	6,38	9,71	7,77	4,99	8,04	4,39	5,02	15,07	17,28					
ОЭ, ккал/кг для птиц	1900	1790	2210	2120	2512	1525	2320	1857	1193	1921	1050	1200	3602	4130					
Сырой белок (протеин)	32,5	35,6	42,1	45,0	35,3	21,9	39,5	41,0	23,4	42,5	15,5	17,0	35,0	89,0					
Сырой жир	8,5	3,5	7,0	1,0	1,8	2,0	6,1	1,5	1,4	1,3	3,0	3,0	0,9	0,8					
Сырая клетчатка	11,5	11,0	6,5	7,0	9,5	15,0	12,6	13,5	16,0	7,0	27,0	25,5	-	-					
НДК	27,3	28,5	н/о	н/о	26,8	27,9	25,7	28,4	55,9	25,9	44,1	41,2	-	-					
КДК	18,0	18,0	7,0	9,0	14,9	15,0	18,0	19,4	38,8	18,0	35,6	38,8	-	-					
Линолевая к-та, %	0,55	0,42	5,21	3,67	0,36	0,03	3,15	0,51	0,8	0,74	0,3	0,35	0,03	0,01					
Переваримость СВ, %	85	86	79	88	90	89	92	90	68	92	90	92	96	98					
<b>Аминокислоты:*</b>																			
		ИИП, %			ИИП, %			ИИП, %				ИИП, %							
Лизин	1,93	2,1	74	1,1	1,01	76	1,2	0,58	1,65	1,72	61	1,01	1,2	0,75	0,93	2,31	91	7,34	90
Метионин	0,7	0,74	82	0,9	1,15	90	0,57	0,35	0,67	0,67	76	0,59	0,82	0,26	0,26	0,86	92	2,66	100
Цистин	0,82	0,91	79	0,74	0,82	86	0,59	0,29	0,69	0,7	68	0,48	0,66	0,2	0,16	0,31	81	0,53	98
Триптофан	0,41	0,45	73	0,53	0,54	85	0,48	0,19	0,54	0,48	67	0,38	0,44	0,25	0,3	0,5	90	1,2	98
Треонин	1,5	1,59	69	1,32	1,44	78	1,37	0,67	1,34	1,36	63	1,04	1,33	0,7	0,74	1,74	85	3,67	98
Изолейцин	1,34	1,43	74	1,27	1,47	85	1,55	0,75	1,29	1,3	69	1,29	1,44	0,69	0,79	1,8	86	4,7	98
Лейцин	2,76	2,58	78	2,61	2,74	85	2,1	1,36	2,45	2,47	70	1,86	2,31	1,21	1,34	3,48	93	9,06	98
Аргинин	2,01	2,21	81	4,2	4,86	94	2,54	2,38	4,26	4,55	88	2,38	2,93	0,8	0,9	1,24	89	3,96	92
Гистидин	0,85	0,96	80	0,84	0,98	76	0,83	0,39	1,11	1,17	77	0,66	0,92	0,36	0,4	0,9	93	3,08	97
Фенилаланин	1,4	1,43	76	1,56	1,77	89	1,61	0,84	1,97	2,2	81	1,23	1,66	0,81	0,97	1,75	93	4,82	97
Тирозин	1,05	1,13	73	1,4	1,52	87	1,03	0,58	1,23	1,22	77	0,76	1,03	0,55	0,6	1,87	94	4,77	
Валин	1,65	1,82	71	1,75	1,85	84	1,13	1,07	1,76	1,78	71	1,49	1,74	0,86	0,95	2,14	87	6,29	98
<b>Минералы:</b>																			
Кальций	0,71	0,63	9	2	0,22	0,18	0,23	0,19	0,34	0,37	1,4	1,5	1,31	0,61					
Фосфор общ.	1	1,01	1,3	1,2	0,51	0,6	1,03	1,06	0,75	1,31	0,25	0,25	1	0,82					
Фосфор дост.	0,28	0,22	0,4	0,4	0,16	0,09	0,09	0,08	0,15	0,16	0,22	0,22	0,9	0,75					

Состав, % натурального корма	Животные корма																				
	молоко		мясная и мясо-костная мука				рыбная мука					кровяная									
	сухая молочная сыворотка	Белковый концентрат молочной сыворотки	45	50	55 (обезжиреная)	60	из хамсы 65	селедочная 70	менхаден 65	сухой экстракт 64	белая мука	Белковый гидролизат (лосось)	мука обычная	мука распыл. сушки							
Сухое вещество	95	95	93	93	93	93	92	93	92	92	91	91	92	93							
ОЭ, МДж/кг для свиней	13,35	18,21	11,1	12,22	10,79	11,5	11,3	13,6	14,06	12,74	11,8	14,77	9,83	12,32							
ОЭ, МДж/кг для птиц	7,95	18,58	8,83	9,83	8,70	10,00	12,26	11,51	12,72	12,22	11,55	14,33	11,84	14,31							
ОЭ, ккал/кг для птиц	1900	4440	2110	2350	2080	2390	2930	2750	3040	2920	2760	3424	2830	3420							
Сырой белок (протеин)	13,0	80,2	43,0	49,5	55,0	60,0	64,6	68,5	62,3	64,2	63,3	92,7	77,1	88,8							
Сырой жир	0,9	-	10,0	10,0	4,5	4,0	7,9	9,2	9,4	7,4	4,8	-	1,6	1,3							
Сырая клетчатка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
НДК	-	-	31,6	31,6	31,6	31,6	-	-	-	-	-	-	13,6	-							
КДК	-	-	8,6	8,6	8,6	8,6	-	-	-	-	-	-	1,8	-							
Линолевая к-та, %	0,01	-	0,01	0,68	0,7	0,8	0,27	0,15	0,12	0,12	0,08	-	0,09	0,17							
Переваримость СВ, %	96	96	90	92	93	94	92	92	92	51	91	96	92	93							
<b>Аминокислоты:*</b>																					
	ИИП,%		ИИП,%		ИИП,%			ИИП,%			ИИП,%					ИИП,%					
Лизин	0,9	82	7,49	96	2	2,4	74	2,9	83	3,05	4,99	4,79	4,81	89	2,84	4,51	5,05	90	7,04	7,5	91
Метионин	0,2	84	1,64	94	0,47	0,6	79	0,7	85	0,74	1,89	1,8	1,77	88	0,98	1,76	1,89	89	0,99	1	85
Цистин	0,25	86	1,83	85	0,34	0,6	55	0,8	55	0,87	0,61	0,6	0,57	73	0,49	0,68	0,48	84	1,09	1	81
Триптофан	0,2	78	1,61	100	0,17	0,2	60	0,3	73	0,36	0,74	0,7	0,66	79	0,34	0,66	0,42	100	1,08	1,5	88
Треонин	0,74	79	5,01	88	1,22	1,6	70	1,9	79	2,07	3,01	2,52	2,64	85	1,4	2,6	2,62	80	4,05	3,8	86
Изолейцин	0,65	85	5,15	94	1,1	1,4	74	1,7	82	1,96	3,01	2,47	2,57	87	1,56	2,61	2,16	81	0,91	1	71
Лейцин	1,1	89	8,69	95	2,27	2,9	76	3,5	82	3,77	4,99	4,6	4,54	88	2,68	4,39	3,97	83	11	11	91
Аргинин	0,31	86	2,03	95	3,08	3,4	81	3,9	88	3,99	3,54	3,89	3,66	90	2,67	4,04	5,47	95	3,34	3,7	91
Гистидин	0,23	91	1,56	91	0,61	0,8	75	1	82	1,03	1,47	1,72	1,78	86	1,23	1,34	1,59	82	5,06	5,3	92
Фенилаланин	0,37	80	2,65	88	1,33	1,6	76	2	83	2,09	2,82	2,63	2,51	85	1,22	2,32	2,1	80	5,34	5,8	90
Тирозин	0,26	71	5,98	86	1,1	1,1	71	1,2	79	1,37	2,1	2	2,04	86	0,62	2,03	1,32	74	2,29	2,7	88
Валин	0,62	81	4,82	93	1,77	2,3	74	2,7	79	2,83	3,22	3,02	3,03	85	1,94	3,06	2,78	83	7,05	7	90
<b>Минералы:</b>																					
Кальций	0,75	0,63	12	10	9,5	7	3,93	2,4	5,21	0,55	6,65	0,13	0,37	0,41							
Фосфор общ.	0,72	0,38	5	4,5	4,5	3,3	2,55	1,76	3,04	1,25	3,59	1,03	0,27	0,3							
Фосфор дост.	0,7		4	3,6	3,59	2,66	2,45	1,7	2,9	1,2	3,4		0,25	0,26							

## Продолжение приложения 17

Состав, % натурального корма	Животные корма						Жиры		Дрожжи			
	кровяная		Яичный порошок	Отходы птицеводства			растительное масло	животный жир	пивные	Торула		
	плазма	клетки крови		кровяная мука высоко-темпера-турной сушки	мука перьевая гидролизная	отходы птице-боев						
Сухое вещество	91	92	92	92	93	90	99	99	93	93		
ОЭ, МДж/кг для свиней	16,65		24,5	8,16	10,4	12,55	35,82	35,8	12,66	13,01		
ОЭ, МДж/кг для птиц	16,65		2,43	8,70	9,87	12,34	36,82	32,22	8,33	9,04		
ОЭ, ккал/кг для птиц	3980		580	2080	2360	2950	8800	7700	1990	2160		
Сырой белок (протеин)	90	92	43,8	87,6	84,5	58,0	-	-	45,9	46,4		
Сырой жир	2,0	1,5	44,2	1,6	4,6	14,0	99,99	100,0	1,7	2,4		
Сырая клетчатка	-	-	-	-	-	2,5	-	-	1,05	-		
НДК	-	-	-	-	-	6,3	-	-	4,0	-		
КДК	-	-	-	-	-	2,2	-	-	3,0	-		
Линолевая к-та, %			5,68	0,1	0,83	0,2	53	4,0	0,4	0,05		
Переваримость СВ, %	96	92	95	89	93	88	100	100	93	93		
<b>Аминокислоты:*</b>												
	ИИП,%				ИИП,%							
Лизин	6,8	95	8,5	3,06	7,56	2	54	2,41		3,22	3,47	
Метионин	0,8	94	0,8	1,4	0,95	0,61	65	0,87		0,74	0,69	
Цистин	2,6	90	0,6	0,98	1,2	3,98	71	1,53		0,5	0,55	
Триптофан	1,4	100	1,4	0,62	1,06	0,58	63	0,42		0,56	0,51	
Треонин	4,7	92	3,4	2,15	4,07	3,51	74	2,2		2,2	2,3	
Изолейцин	2,7	93	0,5	2,16	0,88	3,5	81	2,48		2,15	2,5	
Лейцин	7,6	94	13	3,59	11,48	6,34	80	3,97		3,13	3,22	
Аргинин	4,6	97	3,8	2,77	3,37	5,45	81	3,9		2,2	2,48	
Гистидин	2,6	94	7	1	4,57	0,9	56	0,72		1,09	1,09	
Фенилаланин	4,4	93	6,7	2,06	6,41	4,16	82	2,78		1,83	2,33	
Тирозин	3,5	94	2,1	1,9	2,32	2,51	73	1,39		1,55	1,65	
Валин	4,9	93	8,5	2,81	8,03	4,85	80	3,17		2,39	2,6	
<b>Минералы:</b>												
Кальций	0,15	0	0,2		0,21	0,33		3,5	-	-	0,16	0,58
Фосфор общ.	1,71	0,4	0,86		0,21	0,5		2	-	-	1,44	1,52
Фосфор дост.	1,6	0,3	0,8		0,15	0,15		1,7	-	-		

### Приложение 18. Содержание минеральных веществ в кормах для свиней и птиц

Корм	Сухое вещество, %	Ca, %	P общ., %	P дост., %	Na, %	Cl, %	K, %	Mg, %	S, %	Cu, мг/кг	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Se, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	I, мг/кг
кукуруза	87	0,03	0,28	0,10	0,03	0,04	0,38	0,11	0,14	4	37	11	0,30	17	0,05	0,05
кукуруза высоколизиновая	87	0,03	0,29	0,10	0,03	0,06	0,36	0,18	-	4	50	20	0,30	28	0,04	0,04
овес	87	0,11	0,31	0,08	0,08	0,11	0,42	0,14	0,10	10	55	53	0,24	36	0,08	0,07
овсянка	87	0,08	0,42	0,10	0,05	0,07	0,36	0,12	0,10	9	39	51	0,09	27	0,07	0,05
пшеница озимая	87	0,04	0,39	0,10	0,01	0,03	0,32	0,11	0,12	8	51	37	0,28	26	0,04	0,05
пшеница яровая	87	0,05	0,36	0,15	0,02	0,03	0,35	0,10	0,16	9	57	38	0,30	30	0,06	0,01
просо	87	0,03	0,30	0,08	0,04	0,04	0,36	0,15	0,10	3	35	36	0,70	29	0,06	0,06
рис	87	0,04	0,18	0,10	0,04	0,13	0,31	0,12	0,08	6	21	36	0,20	18	0,07	0,02
рис шлифов.	87	0,04	0,18	0,19	0,08	0,03	0,11	0,08	0,05	3	10	13	0,20	14	0,01	0,01
рожь	87	0,07	0,31	0,15	0,02	0,05	0,42	0,12	0,09	5	54	28	0,26	20	0,07	0,09
сорго	87	0,04	0,30	0,05	0,03	0,06	0,24	0,14	0,07	8	44	15	0,20	22	0,02	-
ячмень озимый	87	0,06	0,35	0,17	0,05	0,13	0,45	0,15	0,14	5	74	15	0,22	27	0,09	0,08
ячмень яровой	87	0,06	0,35	0,17	0,04	0,12	0,43	0,14	0,12	6	80	14	0,20	30	0,08	0,07
ячмень шлифованный	87	0,04	0,45	0,20	0,02	0,08	0,30	0,10	0,10	3	18	7	-	12	0,02	-
тритикале	87	0,05	0,33	0,16	0,03	0,03	0,46	0,10	0,15	8	400	66	-	37	0,05	0,07
бобы конские	90	0,11	0,54	0,13	0,01	0,07	1,1	0,17	0,23	11	75	15	0,02	42		
вика	90	0,14	0,36	-	0,04	0,11	0,63	0,09	0,18	6	83	17	0,11	31	0,18	0,03
горох	90	0,11	0,39	0,15	0,04	0,08	0,90	0,12	0,19		68	18	0,13	32	0,13	0,05
люпин белый сладкий	90	0,22	0,51	0,10	0,02	0,03	1,1	0,19	0,24	6	54	390	0,07	38		
soя полножирная экструдиров.	96	0,25	0,59	0,11	0,03	0,06	1,6	0,22	0,24	16	80	30	0,10	39		

## Продолжение приложения 18

Корм	Сухое веще- ство,%	Ca,%	Р общ.,%	Р дост.,%	Na,%	Cl,%	K,%	Mg,%	S,%	Cu, мг/кг	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Se, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	I, мг/кг
чечевица	90	0,10	0,38	0,10	0,02	0,08	0,70	0,10	0,16	7	118	12	0,20	24	0,11	0,04
гречиха	90	0,09	0,31	0,15	0,05	0,09	0,32	0,26	0,10	7	83	18	0,18	28	0,04	0,05
пшеничная кормо- вая мука	88	0,05	0,30	0,12	0,05	0,40	0,80	0,18	0,20	10	64	55	0,20	65		
отруби пшеничные	88	0,16	0,80	0,40	0,04	0,04	0,95	0,26	0,25	12	105	89	0,75	100		
пшеничная крупка	88	0,09	0,84	0,30	0,04	0,04	1,0	0,39	0,18	10	85	100	0,70	92		
отруби рисовые	88	0,07	1,61	0,40	0,07	0,07	1,56	0,90	0,18	9	190	228	0,40	30		
отходы от риса	88	0,09	1,18	0,30	0,05	0,11	1,11	0,65	0,17	6	160	12	-	26		
зерно кукурузы из спиртовой барды	90	0,10	0,40	0,13	0,09	0,08	0,17	0,28	0,43	45	220	22	0,40	55		
зерно кукурузы из спиртовой барды + экстракт	90	0,20	0,77	0,27	0,25	0,20	0,84	0,19	0,30	57	257	24	0,39	80		
пивная дробина	90	0,30	0,50	0,40	0,26	0,15	0,08	0,16	0,31	21	250	38	0,70	62		
кукурузный глю- теновый корм	90	0,28	0,80	0,27	0,14	0,20	0,98	0,38	0,23	46	462	24	0,27	70		
зародыши куку- рузные экстраги- ров.	90	0,09	0,50	0,17	0,03											
зародыши куку- рузные прессован- ные	90	0,06	0,45	0,15	0,03											

Продолжение приложения 18

Корм	Сухое вещество, %	Ca, %	Р общ., %	Р дост., %	Na, %	Cl, %	K, %	Mg, %	S, %	Cu, мг/кг	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Se, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	I, мг/кг
кукурузный глютен 60	90	0,02	0,40	0,13	0,03	0,06	0,18	0,08	0,43	26	282	4	1,0	33		
картофельный белковый концентрат	90	0,17	0,59	0,36	0,06	0,03	1,20	0,33	0,29	15	285	39	0,28	47		
рисовый белковый концентрат	93	0,10	0,72													
жом сухой свекловичный	88	1,0	0,10	0,03	0,17	0,10	0,92	0,22	0,31	11	611	56	0,09	22	-	-
свекловичная патока	75	0,15	0,02	0,01	1,48		6,06	0,29	0,6	22	87	66		18		
арахисовый жмых	92	0,17	0,59	0,16	0,02	0,03	0,83	0,38	0,29	15	285	39	0,28	47		
арахисовый шрот	92	0,22	0,65	0,17	0,02	0,04	1,25	0,31	0,30	15	260	40	0,21	41		0,07
подсолнечный жмых	92	0,43	1,0	0,14	0,02	0,09	0,95	0,56	0,27	21	225	37	0,45	60		
подсолнечный шрот	92	0,25	1,0	0,07	0,06	0,10	1,07	0,68	0,30	26	254	41	0,50	66		
подсолнечный шрот из семян без лузги	92	0,37	1,01	0,05	0,04	0,13	1,27	0,75	0,38	25	200	35	0,32	98		
соевый жмых	92	0,28	0,60	0,30	0,04	0,04	1,72	0,22	0,36	17	180	26	0,28	45		
соевый шрот	92	0,32	0,65	0,32	0,01	0,05	1,96	0,27	0,43	20	202	29	0,32	50		
соевый шрот из семян без оболочки	92	0,34	0,69	0,17	0,02	0,05	2,14	0,30	0,44	20	176	36	0,27	55		

Продолжение приложения 18

Корм	Сухое вещество, %	Ca, %	P общ., %	P дост., %	Na, %	Cl, %	K, %	Mg, %	S, %	Cu, мг/кг	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Se, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	I, мг/кг
соевый белковый концентрат	90	0,35	0,81	-	0,05	-	2,20	0,32	-	13	110	-	-	30		
соевый белковый изолят	92	0,15	0,65	-	0,07	0,02	0,27	0,08	0,71	14	137	5	0,14	34		
рапсовый жмых	92	0,71	1,0	0,28	0,09	0,10	1,10	0,45	0,70	5	130	40	1,0	54		
рапсовый шрот	90	0,63	1,01	0,22	0,07	0,11	1,22	0,51	0,85	6	142	49	1,1	69		
кунжутный жмых	91	1,90	1,30	0,40	0,02	0,07	1,10	0,54	0,56	34	93	53	0,21	100		
кунжутный шрот	91	2,0	1,2	0,40	0,02	0,07	1,20	0,60	0,60	40	100	58	0,23	110		
льняной шрот	91	0,32	0,81	0,16	0,13	0,06	1,26	0,54	0,39	22	280	41	0,53	66		
кокосовый орех (копра)	91	0,18	0,60	0,09	0,05	0,30	1,80	0,31	0,31	25	486	69	-	46		
хлопковый жмых	91	0,23	1,03	0,09	0,04	0,04	1,34	0,52	0,40	19	160	23	0,90	64		
хлопковый шрот	91	0,19	1,06	0,08	0,04	0,05	1,40	0,50	0,31	18	184	20	0,80	70		
сафлоровый шрот	92	0,34	0,75	0,15	0,05	0,08	0,76	0,35	0,13	10	495	18	-	41		
сафлор, очищенная от оболочек	92	0,37	1,31	0,16	0,04	0,16	1,00	1,02	0,20	9	484	39	-	33		
люцерновая обезвоженная мука 15% СП	90	1,40	0,25	0,22	0,07	0,08	2,30	0,26	0,17	8	230	27	0,50	19	0,15	0,30
люцерновая обезвоженная мука 17% СП	90	1,50	0,25	0,22	0,07	0,10	2,40	0,26	0,21	8	309	28	0,60	17	0,16	0,31
мука маниока	86	0,22	0,13	-	0,03	0,07	0,49	0,11	0,50	4	18	28	0,10	10		



## Продолжение приложения 18

Корм	Сухое вещество,%	Ca,%	Р общ.,%	Р дост.,%	Na,%	Cl,%	K,%	Mg,%	S,%	Cu, мг/кг	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Se, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	I, мг/кг
сухое обезжиренное молоко	95	1,31	1,00	0,90	0,48	1,00	1,42	0,16	0,32	5	8	2	0,12	42		
казеин	95	0,61	0,82	0,75	0,01	0,04	0,01	0,01	0,6	4	14	4	0,16	30		
сухая молочная сы- воротка	95	0,75	0,72	0,70	0,94	1,40	1,06	0,13	0,72	13	130	3	0,12	10		
белковый концен- трат молочной сы- воротки	95	0,63	0,38													
мясная и мясо- костная мука:																
СП 45%	93	12	5,0	4,0	0,80	0,75	0,70	0,51	0,42	13	670	20	0,40	105		
СП 50%	93	10	4,5	3,6	0,60	0,69	0,65	0,41	0,38	11	606	17	0,34	96		
СП 55%	93	9,5	4,5	3,59	0,70	0,81	0,60	0,38	0,40	11	550	15	0,39	98		
СП 60%	93	7,0	3,3	2,66	0,80	0,97	0,57	0,35	0,45	10	440	10	0,37	94		
рыбная мука:																
из хамсы, СП 65%	92	3,93	2,55	2,45	0,88	1,02	0,75	0,24	0,77	9	220	10	1,36	103	-	3,4
селёдочная, СП 70%	93	2,40	1,76	1,70	0,61	1,12	1,01	0,18	0,69	6	181	8	1,93	132	-	
менхаден, СП 60%	92	5,21	3,04	2,90	0,40	0,55	0,70	0,16	0,45	11	440	37	2,10	147	-	1,2
сухой экстракт, СП 64%	92	0,55	1,25	1,20	0,37	6,29	2,03	0,30	0,40	35	300	50	2,20	76		
белая мука	91	6,65	3,59	3,40	0,78	1,28	0,85	0,18	0,48	6	299	12	1,62	90		
белковый гидроли- зат (лосось)	91	0,13	1,03													
кровяная:																
мука обычная	92	0,37	0,27	0,25	0,50	0,30	0,03	0,31	0,78	11	1922	9	0,58	38		

## Продолжение приложения 18

Корм	Сухое вещество,%	Ca,%	Р общ.,%	Р дост.,%	Na,%	Cl,%	K,%	Mg,%	S,%	Cu, мг/кг	Fe, мг/кг	Mn, мг/кг	Se, мг/кг	Zn, мг/кг	Co, мг/кг	I, мг/кг
мука распыл. сушки	93	0,41	0,30	0,26	0,44	0,25	0,15	0,11	0,47	8	2919	6	-	30		
плазма	91	0,15	1,71	1,60	3,02	1,50	0,20	0,34	-	-	55	-	-	-		
клетки крови	92	0,02	0,37	0,30	0,58	1,40	0,62	-	-	-	2700	-	-	-		
яичный порошок	92	0,23	0,94	0,90	0,55	0,68	0,55	0,05	0,65	3	89	1,6-	-	54		2,8
отходы птицевод- ства:																
кровяная мука высокотемпера- турной сушки	92	0,21	0,21	0,15	0,29	0,38	0,14	0,21	0,45	6	2341	10	-	10	-	
мука перьевая гидролизная	93	0,33	0,50	0,15	0,34	0,26	0,19	0,20	1,39	10	76	10	0,69	111	0,04	0,04
отходы птице- боен	90	3,50	2,00	1,70	0,50	0,50	0,53	0,15	0,52	10	442	9	0,80	94		
жиры:																
растительное мас- ло	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
животный жир	99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
пивные дрожжи	93	0,16	1,44		0,10	0,12	1,80	0,23	0,40	33	215	8	1,00	49		
Торула	93	0,58	1,52		0,07	0,12	1,94	0,20	0,55	17	222	13	0,02	99		

## Приложение 19. Комбикорм для поросят 13-25 кг жм

Компоненты	мас %	Содержится в комбикорме	
Пшеница	10,0	Р общий, %	1,10
Ячмень	20,0	Р доступный, %	0,80
Кукуруза	20,0	Витамин А, МЕ/кг	10000
Сухая молочная сыворотка	10,0	Витамин D3, МЕ/кг	1200
Рыбная мука	4,0	Витамин Е, мг/кг	35
Соя экструдированная	15,0	Витамин К3, мг/кг	3
Жмых соевый	10,0	Витамин В1, мг/кг	3
Жмых подсолнечный	5,4	Витамин В2, мг/кг	6
Масло растительное	2,0	Витамин В6, мг/кг	3
Лизин НС1	0,4	Витамин В12, мкг/кг	25
Метионин	0,1	Холин-хлорид, мг/кг	300
Треонин	0,1	Биотин, мг/кг	0,25
Премикс вит.-микроэл.	1,0	Фолиевая кислота, мг/кг	1,2
Соль (NaCl)	0,5	Витамин РР (В5), мг/кг	35
Моно-Са-Р	0,5	Са-пантотенат (В3), мг/кг	18
Мел	1,0	Fe, мг/кг	100
Итого:	100	Сu, мг/кг	60
Содержится в комбикорме		ZnO, г/кг	2,0
Обменная энергия, МДж/кг	13,8	Mn, мг/кг	45
Сырой белок, %	20,8	I, мг/кг	0,8
Лизин общий, %	1,25	Se (через селплекс), мг/кг	0,5
Лизин ИИП, %	1,06	Co, мг/кг	0,3
Метионин+цистин общий, %	0,80	Антибиотики	+
Метионин+цистин ИИП, %	0,68	Пробиотики	+
Треонин общий, %	0,85	Вкусо-ароматические вещества	+
Треонин ИИП, %	0,71	Подкислители	+
Триптофан общий, %	0,24		
Триптофан ИИП, %	0,20		
Са, %	1,21		

## Приложение 20. Комбикорм для растущих свиней 25-48 кг жм

Компоненты	мас %	Содержится в комбикорме	
Пшеница	20,6	Са, %	0,72
Ячмень	23,0	Р общий, %	0,60
Кукуруза	18,0	Р доступный, %	0,52
Горох	10,0	Витамин А, МЕ/кг	8000
Соевый жмых	15,0	Витамин D3, МЕ/кг	1200
Подсолнечный жмых	8,0	Витамин Е, мг/кг	30,0
Масло растительное	1,44	Витамин К3, мг/кг	1,5
Лизин НСI	0,38	Витамин В1, мг/кг	2,0
Метионин	0,12	Витамин В2, мг/кг	3,0
Треонин	0,12	Витамин В6, мг/кг	2,5
Премикс вит.-микроэл.	1,0	Витамин В12, мкг/кг	20,0
Соль (NaCl)	0,5	Холин-хлорид, мг/кг	250
Моно-Са-Р	0,7	Биотин, мг/кг	0,2
Мел	1,5	Фолиевая кислота, мг/кг	1,6
Итого:	100	Витамин РР (В5), мг/кг	30,0
		Са-пантотенат (В3), мг/кг	20,0
Обменная энергия, МДж/кг	13,55	Fe, мг/кг	100
Сырой белок, %	17,83	Сu, мг/кг	40
Лизин общий, %	1,1	Zn, г/кг	60
Лизин ИИП, %	0,92	Mn, мг/кг	40
Метионин+цистин общий, %	0,68	I, мг/кг	0,3
Метионин+цистин ИИП, %	0,59	Se (через селплекс), мг/кг	0,3
Треонин общий, %	0,72	Витамин С, мг/кг	35
Треонин ИИП, %	0,59	Вкусо-ароматические вещества	+
Триптофан общий, %	0,21	Подкислители	+
Триптофан ИИП, %	0,17		

## Приложение 21. Комбикорм для откорма свиней 48-74 кг жм

Компоненты	мас %	Содержится в комбикорме	
Пшеница	20,0	Триптофан общий, %	0,16
Ячмень	23,0	Триптофан ИИП, %	0,14
Кукуруза	23,0	Са, %	0,60
Горох	15,0	Р общий, %	0,51
Соевый жмых	8,0	Р доступный, %	0,26
Подсолнечный жмых	5,35	Витамин А, МЕ/кг	7000
Масло растительное	2,0	Витамин D3, МЕ/кг	1100
Лизин HCl	0,25	Витамин Е, мг/кг	25,0
Метионин	0,04	Витамин К3, мг/кг	1,5
Треонин	0,06	Витамин В1, мг/кг	1,5
Премикс вит.-микроэл.	1,0	Витамин В2, мг/кг	2,0
Соль (NaCl)	0,5	Витамин В6, мг/кг	2,0
Моно-Са-Р	0,5	Витамин В12, мкг/кг	16,0
Мел	1,3	Холин-хлорид, мг/кг	200
Итого:	100	Биотин, мг/кг	0,2
Содержится в комбикорме		Фолиевая кислота, мг/кг	1,2
Обменная энергия, МДж/кг	13,6	Витамин РР (В5), мг/кг	20,0
Сырой белок, %	15,6	Са-пантотенат (В3), мг/кг	15,0
Лизин общий, %	0,84	Fe, мг/кг	60,0
Лизин ИИП, %	0,71	Сu, мг/кг	20,0
Метионин+цистин общий, %	0,5	Zn, г/кг	40,0
Метионин+цистин ИИП, %	0,43	Mn, мг/кг	35,0
Треонин общий, %	0,52	I, мг/кг	0,3
Треонин ИИП, %	0,44	Se (через селплекс), мг/кг	0,3

## Приложение 22. Комбикорм для откорма свиней 74-100 кг жм

Компоненты	мас %	Содержится в комбикорме	
Пшеница	15,0	Са, %	0,56
Ячмень	22,0	Р общий, %	0,45
Кукуруза	35,0	Р доступный, %	0,21
Горох	15,0	Витамин А, МЕ/кг	6000
Соевый жмых	5,0	Витамин D <sub>3</sub> , МЕ/кг	900
Подсолнечный жмых	5,0	Витамин Е, мг/кг	20,0
Лизин HCl	0,15	Витамин К <sub>3</sub> , мг/кг	1,0
Премикс вит.-микроэл.	1,0	Витамин В <sub>1</sub> , мг/кг	1,0
Соль (NaCl)	0,35	Витамин В <sub>2</sub> , мг/кг	1,5
Моно-Са-Р	0,5	Витамин В <sub>6</sub> , мг/кг	1,5
Мел	1,0	Витамин В <sub>12</sub> , мкг/кг	12,0
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	Холин-хлорид, мг/кг	100
Содержится в комбикорме		Биотин, мг/кг	0,2
Обменная энергия, МДж/кг	13,2	Фолиевая кислота, мг/кг	1,0
Сырой белок, %	14,6	Витамин РР (В <sub>3</sub> ), мг/кг	15,0
Лизин общий, %	0,72	Са-пантотенат (В <sub>3</sub> ), мг/кг	10,0
Лизин ИИП, %	0,63	Fe, мг/кг	40,0
Метионин+цистин общий, %	0,47	Cu, мг/кг	16,0
Метионин+цистин ИИП, %	0,41	Zn, г/кг	35,0
Треонин общий, %	0,49	Mn, мг/кг	30,0
Треонин ИИП, %	0,43	I, мг/кг	0,2
Триптофан общий, %	0,16	Se (через селплекс), мг/кг	0,2
Триптофан ИИП, %	0,14		

### Приложение 23. Комбикорм для откорма свиней 100-120 кг жм

Компоненты	мас %	Содержится в комбикорме	
Пшеница	15,0	Са, %	0,52
Ячмень	15,0	Р общий, %	0,45
Кукуруза	47,3	Р доступный, %	0,21
Горох	10,0	Витамин А, МЕ/кг	5000
Соевый жмых	5,0	Витамин D3, МЕ/кг	800
Подсолнечный жмых	5,0	Витамин Е, мг/кг	15,0
Лизин HCl	0,1	Витамин К3, мг/кг	1,0
Премикс вит.-микроэл.	1,0	Витамин В1, мг/кг	1,0
Соль (NaCl)	0,35	Витамин В2, мг/кг	1,5
Моно-Са-Р	0,55	Витамин В6, мг/кг	1,5
Мел	0,77	Витамин В12, мкг/кг	10,0
Итого:	100	Холин-хлорид, мг/кг	100
Содержится в комбикорме		Биотин, мг/кг	0,2
Обменная энергия, МДж/кг	13,12	Фолиевая кислота, мг/кг	1,0
Сырой белок, %	13,5	Витамин РР (В5), мг/кг	15,0
Лизин общий, %	0,62	Са-пантотенат (В3), мг/кг	10,0
Лизин ИИП, %	0,53	Fe, мг/кг	30,0
Метионин+цистин общий, %	0,42	Сu, мг/кг	10,0
Метионин+цистин ИИП, %	0,36	Zn, г/кг	30,0
Треонин общий, %	0,44	Mn, мг/кг	30,0
Треонин ИИП, %	0,36	I, мг/кг	0,2
Триптофан общий, %	0,16	Se (через селплекс), мг/кг	0,2
Триптофан ИИП, %	0,12		

**Приложение 24. Комбикорм для свинок в 1-ю половину супоросности 0-74 дней, жм 133 кг**

Компоненты	мас %	Содержится в комбикорме	
Пшеница	18,0	Триптофан ИИП, %	0,13
Ячмень	20,0	Са, %	0,75
Кукуруза	38,0	Р общий, %	0,61
Соевый жмых	5,0	Р доступный, %	0,35
Подсолнечный жмых	7,0	Витамин А, МЕ/кг	11000
Отруби пшеничные	8,2	Витамин D <sub>3</sub> , МЕ/кг	1700
Лизин НСI	0,16	Витамин Е, мг/кг	35,0
Соль (NaCl)	0,34	Витамин К <sub>3</sub> , мг/кг	4,0
Моно-Са-Р	0,80	Витамин В <sub>2</sub> , мг/кг	8,0
Мел	1,5	Витамин В <sub>6</sub> , мг/кг	1,0
Премикс вит.-микроэл.	1,00	Витамин В <sub>12</sub> , мкг/кг	30,0
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	Холин-хлорид, мг/кг	200
Содержится в комбикорме		α-биотин, мг/кг	0,1
Обменная энергия, МДж/кг	12,55	Фолиевая кислота, мг/кг	1,5
Сырой белок, %	13,5	Витамин РР (В <sub>5</sub> ), мг/кг	40,0
Сырая клетчатка	4,9	Са-пантотенат (В <sub>3</sub> ), мг/кг	28,0
Лизин общий, %	0,61	Fe, мг/кг	150
Лизин ИИП, %	0,52	Сu, мг/кг	16,0
Метионин+цистин общий, %	0,44	Zn, г/кг	160
Метионин+цистин ИИП, %	0,36	Mn, мг/кг	40,0
Треонин общий, %	0,44	I, мг/кг	0,3
Треонин ИИП, %	0,35	Se (через селплекс), мг/кг	0,3
Триптофан общий, %	0,16		



**Приложение 25. Комбикорма для свинок в 2-ю половину супоросности 75-115 дней, жм 160 кг**

Компоненты	мас %	Содержится в комбикорме	
Пшеница	16,0	Триптофан ИИП, %	0,15
Ячмень	20,0	Р общий, %	0,66
Кукуруза	35,0	Р доступный, %	0,35
Соевый жмых	10,0	Витамин А, МЕ/кг	11000
Подсолнечный жмых	15,0	Витамин D <sub>3</sub> , МЕ/кг	1700
Лизин HCl	0,25	Витамин Е, мг/кг	35,0
Соль (NaCl)	0,35	Витамин К <sub>3</sub> , мг/кг	4,0
Моно-Са-Р	1,0	Витамин В <sub>2</sub> , мг/кг	8,0
Мел	1,5	Витамин В <sub>6</sub> , мг/кг	1,0
Премикс вит.-микроэл.	1,0	Витамин В <sub>12</sub> , мкг/кг	30,0
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	Холин-хлорид, мг/кг	200
Содержится в комбикорме		α-биотин, мг/кг	0,1
Обменная энергия, МДж/кг	12,57	Фолиевая кислота, мг/кг	1,5
Сырой белок, %	16,6	Витамин РР (В <sub>5</sub> ), мг/кг	40,0
Лизин общий, %	0,80	Са-пантотенат (В <sub>3</sub> ), мг/кг	28,0
Лизин ИИП, %	0,68	Fe, мг/кг	150,0
Метионин+цистин общий, %	0,59	Сu, мг/кг	16,0
Метионин+цистин ИИП, %	0,48	Zn, г/кг	160
Треонин общий, %	0,62	Mn, мг/кг	40,0
Треонин ИИП, %	0,5	I, мг/кг	0,3
Триптофан общий, %	0,17	Se (через селплекс), мг/кг	0,3

**Приложение 26. Комбикорм для лактирующих маток, жм 150 кг, живых поросят 10, средний привес поросят 250 г**

Компоненты	мас %	Содержится в комбикорме	
Пшеница	18,00	Триптофан общий, %	0,18
Ячмень	15,70	Триптофан ИИП, %	0,15
Кукуруза	34,00	Са, %	0,75
Соевый жмых	18,00	Р общий, %	0,62
Подсолнечный жмых	10,00	Р доступный, %	0,35
Лизин НСІ	0,36	Сырая клетчатка, %	4,80
Метионин	0,05	Витамин А, МЕ/кг	7000
треонин	0,05	Витамин D <sub>3</sub> , МЕ/кг	1000
Премикс вит.-микроэл.	1,00	Витамин Е, мг/кг	30,0
Соль (NaCl)	0,45	Витамин К <sub>3</sub> , мг/кг	3,0
Моно-Са-Р	0,95	Витамин В <sub>2</sub> , мг/кг	5,5
Мел	1,44	Витамин В <sub>12</sub> , мкг/кг	20,0
<b>Итого:</b>	<b>100</b>	Холин-хлорид, мг/кг	180
Содержится в комбикорме		Х-биотин, мг/кг	0,1
Обменная энергия, МДж/кг	12,87	Фолиевая кислота, мг/кг	1,0
Сырой протеин, %	17,6	Витамин РР (В <sub>5</sub> ), мг/кг	30,0
Лизин общий, %	0,97	Са-пантотенат (В <sub>3</sub> ), мг/кг	20,0
Лизин ИИП, %	0,88	Fe, мг/кг	100
Метионин+цистин общий, %	0,58	Zn, г/кг	50,0
Метионин+цистин ИИП, %	0,50	Mn, мг/кг	30,0
Треонин общий, %	0,66	I, мг/кг	0,3
Треонин ИИП, %	0,57	Se (через селплекс), мг/кг	0,2

**Приложение 27. Состав комбикормов для кур несушек  
(в % по массе)**

Компоненты	Комбикорм с соевым шротом	Комбикорм с подсолнечниковым шротом
Пшеница	58,4	53,4
Шрот подсолнечный	8,4	30,0
Шрот соевый	18,5	-
Три-Са-Р	2	1,7
Ракушка	8,55	8,55
NaCl	0,3	0,3
Масло (фуз)	3,0	5,0
Премикс микроэлементный	0,25	0,25
Премикс витаминный	0,25	0,25
Метионин (98%)	0,2	0,1
Лизин HCl (99%)	0,15	0,35
Итого, %	100	100
Содержится:		
Обменная энергия, ккал/100г	269	268
Сырой протеин, %	17,2	16,9
Са, %	3,58	3,54
Р, % (общ.)	0,66	0,67
Р, % (доступн.)	0,4	0,48
Клетчатка	4,2	6,0
Лизин	0,83	0,86
Метионин+цистин	0,71	0,65
Треонин	0,55	0,54
Триптофан	0,23	0,21
Линолевая кислота	избыток	избыток

**Приложение 28. Состав комбикормов для молодняка яичной птицы, %**

Компоненты	С соевым шротом			С подсолнечным шротом		
	1-7 нед	8-16 нед	17-20 нед	1-7 нед	8-16 нед	17-20 нед
Пшеница	46,35	76,52	74,52	37,95	73,74	64,46
Кукуруза	20,0	-		20	-	-
Шрот соевый	24,0	16	18	-	-	-
Шрот подсолн.	-	-	-	30	20	28
Мясокостная мука	5	2	2	5	2	-
Масло (фуз)	1,7	-	-	4	-	1
NaCl	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
CaCO <sub>3</sub>	0,2			0,6	-	-
Три-Са-Р	2,1	1,2	1,2	1,5	1,0	1,8
Смесь микроэлемент.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Смесь витамин.	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Лизин HCl (99%)	-	-	-	0,4	0,3	0,3
Метионин (98%)	0,15	0,13	0,13	0,1	0,1	0,08
Холин-хлорид	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,03
Витамин С	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Ракушка	-	3,7	3,7	-	2,5	4
Итого	100	100	100	100	100	100

Содержится в 100 г

ОЭ, ккал	290	275	270	290	274	272
Сырой протеин, %	20	16,5	16,5	20	16,8	16,8
Са	1,1	1,9	1,9	1,12	1,6	2,0
Р общ., %	0,84	0,8	0,8	0,81	0,7	0,71
Р дост., %	0,59	0,57	0,57	0,51	0,56	0,42
Сыр клетч., %	3,34	3,8	3,8	6,2	5,2	5,7
Лизин, %	1,07	0,8	0,8	1,06	0,8	0,8
Мет+цис, %	0,77	0,65	0,65	0,78	0,65	0,65

## Приложение 29. Классификация кормов и добавок



Балансирующие кормовые добавки: 1. Витаминные концентраты. 2. Минеральные подкормки. 3. Витаминно – минеральные смеси. 4. Азотосодержащие добавки (карбамид, аммонийные соли). 5. Аминокислоты 6. Ферменты. 7. Пробиотики. 8. Пребиотики. 9. Антибиотики. 10. Антиоксиданты. 11. Вкусовые и ароматизирующие вещества.

## Содержание

<b>Предисловие</b> .....	<b>4</b>
<b>Раздел 1 Питательная ценность кормов</b> .....	<b>8</b>
<b>Методы оценки питательности кормов</b> .....	<b>11</b>
<b>Модифицированная система анализа кормов</b> .....	<b>16</b>
<b>Некрахмальные полисахариды (НКП)</b> .....	<b>21</b>
Компоненты стенки растительной клетки .....	24
<b>Пищеварение</b> .....	<b>30</b>
Сущность пищеварения .....	30
Пищеварение в желудке .....	30
Пищеварение в тонком кишечнике .....	35
Всасывание продуктов гидролиза в тонкой кишке .....	39
Всасывание иммуноглобулинов молозива у новорожденных .....	41
Особенности строения пищеварительного тракта и пищеварения у птиц ...	42
<b>Переваримость кормов</b> .....	<b>46</b>
Методы определения переваримости .....	46
Сумма переваримых питательных веществ .....	48
Определение переваримости у птиц .....	48
Другие методы определения переваримости .....	49
Переваримость у жвачных .....	50
Метод определения переваримости органического вещества <i>in vitro</i> .....	51
Определение переваримости белка <i>in vitro</i> .....	52
Кажущаяся и истинная переваримость .....	52
Методы определения истинной и кажущейся переваримости белка .....	53
Переваримость минеральных веществ .....	54
Переваримость в разных отделах пищеварительного тракта .....	55
Метод подвижных мешочков .....	55
Факторы, влияющие на переваримость .....	55
<b>Энергитическая ценность кормов</b> .....	<b>59</b>
Обмен энергии .....	59
Потребность в энергии .....	60
Единицы энергии .....	60
Виды энергии .....	62
Валовая энергия (ВЭ) .....	62
Переваримая энергия (ПЭ) .....	64
Обменная энергия (ОЭ) .....	65
Предсказание обменной энергии кормов .....	66
Чистая, или нетто – энергия (ЧЭ) .....	67
Энергия поддержания (Эпд) .....	69
Методы определения потребности в энергии на поддержание .....	69
Энергия приращения тепла (Эпт) .....	72
<b>Методы измерения теплопродукции и баланса энергии</b> .....	<b>75</b>
Прямая калориметрия .....	75

Непрямая калориметрия по респираторному (дыхательному) обмену.....	78
Измерение баланса энергии методом баланса углерода и азота.....	82
Определение отложения энергии методом убоя .....	83
<b>Белковое и аминокислотное питание сельскохозяйственных животных... 86</b>	
Структура и аминокислотный состав белков .....	86
Классификация белков.....	86
По химическому составу.....	86
По функциональным свойствам.....	87
По форме белковой молекулы.....	87
Структура белковой молекулы.....	88
Биологическая активность белка .....	90
Классификация растительных белков по растворимости.....	91
Аминокислотный состав белков .....	94
Незаменимые и заменимые аминокислоты.....	94
Незаменимые аминокислоты.....	94
Симптомы дефицита незаменимых аминокислот .....	95
Заменимые аминокислоты .....	97
L- и D-аминокислоты .....	98
Строение аминокислот.....	100
Обмен белка и его регуляция .....	103
Биосинтез и обновление белка .....	105
Биологическая ценность белка.....	106
Методы определения биологической ценности (БЦ) .....	106
<b>Аминокислотное питание животных .....</b>	<b>110</b>
Нормы потребности свиней и птиц в аминокислотах.....	110
Методы определения потребности в аминокислотах .....	110
Выражение норм потребности в аминокислотах .....	112
Что нужно учитывать при нормировании рационов по аминокислотам? ..	113
Принципы балансирования рационов по незаменимым аминокислотам ..	114
Балансирование рационов комбинированием кормов .....	114
Балансирование рационов с помощью препаратов аминокислот.....	115
Доступность (переваримость) аминокислот .....	116
Способы балансирования рационов по доступным аминокислотам.....	117
Методы определения доступности аминокислот .....	118
Рациональное использование белка.....	119
Потребность в белке – потребность в аминокислотах.....	119
Прогнозирование потребности животных в белке.....	119
Лимитирующая аминокислота по закону «минимума» – причина неэффективного использования белка.....	121
Эффективность обогащения низкобелкового рациона синтетическими аминокислотами.....	124
Имбаланс аминокислот, аппетит и использование белка.....	124

Реакция животных на баланс и имбаланс незаменимых аминокислот – безусловный (врожденный) рефлекс .....	128
Концепция идеального белка .....	129
<b>Качество белка для жвачных.....</b>	<b>132</b>
Переваримость белка у жвачных .....	132
Деградация белка в рубце .....	133
Образование и переваримость микробного белка.....	134
Определение количества нераспадаемого в рубце белка (НРБ) .....	135
Переваримость НРБ в кишечнике .....	137
Обменный белок (ОБ) .....	137
Определение количества ОБ.....	138
Потребность в обменном белке (ОБ).....	138
Пример расчета потребности в ОБ на поддержание и лактацию .....	140
Потребность в сыром белке .....	141
Определение количества РРБ и НРБ .....	141
Расчет обеспеченности коров аминокислотами .....	142
<b>Минеральная питательность кормов.....</b>	<b>145</b>
Макроэлементы.....	145
Источники минеральных веществ.....	146
Балансирование рационов коров по доступным минеральным веществам .....	147
Катионно-анионный баланс (КАБ) .....	149
Микроэлементы .....	150
Доступность микроэлементов .....	152
<b>Витаминная питательность кормов .....</b>	<b>155</b>
Жирорастворимые витамины .....	155
Водорастворимые витамины .....	157
Витаминные премиксы .....	161
<b>Раздел II. Нормы питания и рационы для сельскохозяйственных</b>	
<b>животных .....</b>	<b>165</b>
Качество корма и потребление сухого вещества.....	167
Факториальный метод расчета потребности коров в сухом веществе, обменной энергии и сыром белке.....	168
Расчет потребности лактирующих коров в энергии .....	170
Потребность на поддержание:.....	170
Потребность на лактацию .....	170
Потребность в ОЭ с учетом потери живой массы.....	171
Потребность в ОЭ на стельность (рост плода) .....	172
Определение потребности лактирующих коров в сыром белке (СБ) факториальным методом.....	173
Потребность в сыром белке (СБ) на поддержание (СБпд).....	173
Потребность в СБ на производство молока (на лактацию) (СБл) .....	173
Потребность в ЧБ на изменение живой массы .....	174
Потребность в ЧБ на стельность (ЧБ <sub>ст</sub> ).....	174



Определение потребности коров в усвояемом кальции факториальным методом .....	175
Определение потребности коров в усвояемом фосфоре факториальным методом .....	176
<b>Методика составления рациона для сельскохозяйственных животных...</b>	<b>179</b>
Основные требования при составлении рационов: .....	179
Технология составления рационов для коров.....	179
Порядок составления рационов.....	180
<b>Питание, обмен веществ и здоровье высокопродуктивных коров в переходный (transition) коров .....</b>	<b>186</b>
Особенности обмена веществ в переходный период .....	186
Метаболические заболевания .....	187
Режим питания в переходный период .....	193
<b>Нормы питания и рационы для телят 0-3 мес. возраста .....</b>	<b>198</b>
Потребность телят в энергии.....	199
Потребность в сыром белке .....	200
Рационы для телят до 3-х месячного возраста.....	203
<b>Нормы питания и рационы для ремонтных телок.....</b>	<b>208</b>
Потребность в белке .....	210
<b>Нормы питания и рационы для свиней.....</b>	<b>214</b>
Факториальный метод определения потребности свиней в энергии, переваримых (доступных) аминокислотах, идеальном белке .....	214
Потребность в энергии растущих свиней .....	214
Потребность хрячков и свинок.....	217
Влияние температуры окружающей среды на потребность в энергии .....	217
Действие физической активности на затраты энергии .....	217
Потребность в белке и переваримых(доступных) аминокислотах .....	218
Расчет потребности в незаменимых аминокислотах факториальным методом .....	220
Отношение лизин: энергия .....	223
Определение норм энергии и аминокислот зоотехником в условиях свинофермы .....	224
Ранний отъем поросят .....	224
Свиноматки .....	226
Двухфазное нормирование свиноматок в период супоросности .....	228
Нормы потребности свиноматок в энергии и незаменимых аминокислотах по фазам супоросности (факториальный метод) .....	228
Потребность в энергии и незаменимых аминокислотах лактирующих маток.....	231
Нормы потребности хрячков в энергии и незаменимых аминокислотах .....	233
Потребность свиней в минеральных веществах .....	234
Макроэлементы.....	234
Микроэлементы .....	236

Витамины .....	244
Жирорастворимые витамины .....	244
Водорастворимые витамины .....	247
Вода.....	251
<b>Нормы питания и рационы для сельскохозяйственной птицы.....</b>	<b>258</b>
Энергия .....	258
Белок и аминокислоты .....	258
<b>Нормы питания и рационы для молодняка и взрослых кур яичных</b>	
<b>кроссов .....</b>	<b>261</b>
Выращивание молодняка .....	261
Питание и кормление взрослой птицы .....	263
<b>Нормы питания и рационы для цыплят-бройлеров .....</b>	<b>268</b>
Продуктивность и затраты корма .....	268
Схема кормления и нормы питания.....	268
Компоненты и физическая структура рационов.....	271
Метаболические заболевания .....	275
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>278</b>
Приложение 1. Состав кормов для крупного рогатого скота, овец, лошадей и кроликов, в 1 кг СВ.....	279
Приложение 2. Фракции азота, переваримость НРБ, содержание аминокислот(NRC – 2001) .....	282
Приложение 3. Минеральный состав кормов для крупного рогатого скота	287
Приложение 4. Минеральные источники макро- и микроэлементов крупного рогатого скота(NRC-2001) .....	289
Приложение 5. Рацион для нетелей голштинской породы в транзитный период 21-0 дней до отела, ж.м (вместе с плодом) 600 кг. ....	294
Приложение 6. Рацион для коров и нетелей (транзитный период) 21-0 дней до отела, ж. м (вместе с плодом) 625 кг.....	294
Приложение 7. Рацион для коров в послеотельный период лактации 0-21 дн, ж. м. 600 кг, сут. удой 30 кг, молочный жир 3,9%, молочный белок 3,3% .....	295
Приложение 8. Рацион для лакт. коров в период 120-220 дней после отела, ж. м. 600 кг, сут. удой 20 кг, молочный жир 3,9%, белок 3,3% ....	296
Приложение 9. Рацион для лакт. коров в период 220 дней после отела и более, ж. м. 600 кг, сут. надой молока 12 кг, жирность 3,9%, белок 3,3%	296
Приложение 10. Рацион для коров в 1-й период сухостоя, 225-265 дн. стельности (60-20 дней до отела), ж. м. 580-600 кг, ВСS=3 .....	297
Приложение 11. Рацион для телят в возрасте 3-6 месяцев, ж.м. 96-177 кг, с.с. прирост 900 г.....	298
Приложение 11. Рацион для ремонтных телок в возрасте 6-12 месяцев, ж. м. 177-330 кг, с. с. прирост 850 г. ....	298
Приложение 12. Рацион для ремонтных телок в возрасте 12 месяцев, ж. м. 350 кг, с. с. прирост 850 г.....	299

Приложение 13. Рацион для ремонтных телок в возрасте 12-16 месяцев, ж. м. 330-426 кг, с. с. прирост 800 г. ....	300
Приложение 14. Рацион для нетелей в возрасте 16 месяцев, ж. м. 430 кг, с. с. прирост 0,85 кг. ....	300
Приложение 15. Схема выращивания телят 0-3 мес. возраста .....	301
Приложение 16. Состав премикса для телят 0-6 мес. возраста и ремонтных телок .....	301
Приложение 17. Состав кормов для свиней и птиц (87-90% сухого вещества) .....	302
Приложение 18. Содержание минеральных веществ в кормах для свиней и птиц .....	309
Приложение 19. Комбикорм для поросят 13-25 кг жм .....	315
Приложение 20. Комбикорм для растущих свиней 25-48 кг жм .....	316
Приложение 21. Комбикорм для откорма свиней 48-74 кг жм.....	317
Приложение 22. Комбикорм для откорма свиней 74-100 кг жм.....	318
Приложение 23. Комбикорм для откорма свиней 100-120 кг жм.....	319
Приложение 24. Комбикорм для свинок в 1-ю половину супоросности 0-74 дней, жм 133 кг.....	320
Приложение 25. Комбикорма для свинок в 2-ю половину супоросности 75-115 дней, жм 160 кг .....	321
Приложение 26. Комбикорм для лактирующих маток, жм 150 кг, живых поросят 10, средний привес поросят 250 г .....	322
Приложение 27. Состав комбикормов для кур несушек (в % по массе).....	323
Приложение 28. Состав комбикормов для молодняка яичной птицы, % .....	324
Приложение 29. Классификация кормов и добавок.....	325

Рядчиков Виктор Георгиевич  
Учебно-практическое пособие  
Основы питания и кормления  
сельскохозяйственных животных

Подписано в печать 16.08.2012 г.  
Бумага офсетная формат  
Тираж 200 экз. заказ №  
Усл. печ. л. 41

Отпечатано: Типография КубГАУ  
350044 г.Краснодар, ул. Калинина 13