

В. Г. Рядчиков

**ОСНОВЫ  
ПИТАНИЯ И КОРМЛЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ЖИВОТНЫХ**

Краснодар  
2014

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО Кубанский государственный аграрный университет

В. Г. Рядчиков

# Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных

Учебник

Допущен Министерством сельского хозяйства Российской Федерации в качестве учебника для студентов бакалавриата, специалитета и магистратуры высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки «Зоотехния» и «Ветеринария»

Краснодар  
2014

УДК 636.084 (076)  
ББК 45.4  
Р 98

**Рецензенты:** **Б. Д. Кальницкий**, доктор биологических наук, профессор, академик РАСХН; **В. Д. Кабанов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАСХН

**Рядчиков В. Г.**

**Р98**

**Основы** питания и кормления сельскохозяйственных животных: учебник / В. Г. Рядчиков. Краснодар: КГАУ, 2014. – 616 с.

ISBN 978-5-94672-671-9

В учебнике изложены основные знания, а также достижения мировой науки и практики по питанию и кормлению сельскохозяйственных животных интенсивного типа продуктивности. Эти знания базируются на понимании процессов жизнедеятельности организма, биосинтеза продукции, их неразрывной взаимосвязи с физиолого-биохимическими процессами усвоения и обмена питательных веществ. В учебнике даны во многом новые методы оценки питательности кормов, определения потребности в энергии, белке, незаменимых аминокислотах.

Учебник предназначен для обучения по курсу «Кормление сельскохозяйственных животных» студентов бакалавриата и магистратуры высших учебных заведений по направлению подготовки «Зоотехния» и по специальности «Ветеринария» и направлению «Ветсанэкспертиза».

УДК 636.084 (076)  
ББК 45.4

©Рядчиков В.Г., 2014  
©ФГБОУ ВПО «Кубанский  
государственный аграрный университет», 2014

## 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 оценки 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. Основовопложники 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 учебнике 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 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 в программы преподавания, они нашли отражение во всех разделах данного учебника.

Высокая продуктивность сопряжена с интенсивным обменом веществ, напряжением работы клеток, тканей, органов и систем организма – пищеварительной, дыхательной, сердечно – сосудистой, выделительной. В организме происходят тысячи реакций синтеза и распада в процессе обмена веществ. Эта работа осуществляется под контролем и регулируется центральной нервной и гуморальной системами. Знание основ химии белков, жиров и углеводов, биохимических процессов их обмена и использования на синтез продуктов животноводства является

одной из задач обучения по курсу питания и кормления сельскохозяйственных животных. Это диктуется также современными направлениями в области биохимии и физиологии питания, одним из которых является «субстратное» питание. Оно основано на биохимических превращениях питательных веществ кормов в усвояемые субстраты (аминокислоты, глюкозу, жирные кислоты и др.), количественных показателях их образования. Овладение теорией и методами субстратного питания позволят разрабатывать эффективные рационы и прогнозировать продуктивность животных.

В учебник введены разделы по химии и биохимии белков, жиров и углеводов, обмену энергии и белка, гормональной регуляции использования питательных веществ. Эти разделы, как мы надеемся, будут способствовать углублению знаний бакалавров и магистров.

На основе полученных знаний студент бакалавриата по направлению подготовки «Зоотехния» и студент специалитета по направлению подготовки «Ветеринария» должен уметь:

- использовать современные отечественные и зарубежные нормы потребности животных в питательных веществах, при необходимости самостоятельно рассчитать потребность крупного рогатого скота и свиней в энергии, белке, минералах с помощью факториального метода;

- составлять в ручном и компьютерном исполнении сбалансированные по всем элементам питания (энергии, сырому и обменному белку, доступным аминокислотам, минералам, витаминам) рационы для разных видов, половозрастных и производственных групп животных (с учетом физиологического состояния), обеспечивающие высокую продуктивность, здоровье и долголетие животных;

- обеспечить физиологически оптимальное питание маточного поголовья животных в пред-и послеродовой периоды, а также в пик лактации в целях снижения случаев метаболических заболеваний и улучшения воспроизводительных функций.

Обучающиеся в магистратуре по программе «Научные основы питания животных» должны уметь:

- проводить исследования по действию различных питательных и биологически активных веществ на продуктивность, здоровье и обмен веществ в организме животных;

- использовать полученные знания в магистратуре и из мировых научно-практических источников для разработки новых способов повышения продуктивности и снижения затрат кормов на производство молока, мяса и другой продукции;

- составлять эффективные рационы, комбикорма, премиксы, белково-минерально-витаминные добавки и другие продукты в условиях крупных животноводческих комплексов, специализированных предприятий, организовывать их производство.

## Сокращения, используемые в тексте:

БЦ	– биологическая ценность	Са <sub>уст</sub>	– усвояемый 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 среднесуточного прироста жм
пСБ	– переваримый сырой белок	ЭБК	– эндогенный белок кала
пСЖ	– переваримый сырой жир	ЭБМ	– эндогенный белок мочи
пСК	– переваримая сырая клетчатка	Эк	– энергия кала
ППВ	– переваримые питательные вещества	ЭКЕ	– энергетическая кормовая единица
ПСВ	– потребление сухого вещества	Эм	– энергия мочи
$R_{ул}$	– усвояемый фосфор лактации	Эмет.	– энергия метана
$R_{упд}$	– усвояемый фосфор поддержания	ЭПБ	– эндогенный поверхностный белок
РРБ	– распадаемый в рубце белок	Эпд	– энергия поддержания жизни
$R_{уст}$	– усвояемый фосфор стельности		
$R_y$	– фосфор усвояемый	Эппв	– энергия переваримых питательных веществ
$Ca_{ул}$	– усвояемый кальций лактации	Эпр	– энергия продукции
$Ca_{упд}$	– усвояемый кальций поддержания	Эпт	– энергия приращения тепла
		Этп	– энергия теплопродукции
		ЭУ	– энергия усвоения

## Раздел I. Состав и переваривание 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 необходимо 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 – это все углеродосодержащие вещества живых организмов, а также каменного угля, нефти и газа (за исключением карбонатов  $\text{CaCO}_3$  и оксидов  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ). 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 (табл. 1.1). 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 1.1 – Содержание питательных веществ в растительных и животных продуктах, выраженных в натуральном (НВ) и сухом веществе (СВ)

Корма и продукты	Вода	Сухое в-во	Углево-ды	Жиры	Белки	Минералы	Нуклеино-вые 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 13 г/100 г свеклы, или 130 г/кг свеклы. В таблице 1.1 показано, что в 1 кг кормовой свеклы содержится 16 г белка. Следовательно, 16 г белка содержится в 130 г сухого вещества. Сколько белка содержится в 1 кг (1000 г) сухого вещества? Расчет производится исходя из пропорции:

**16 - 130**

**X - 1000**

$$X = \frac{16 \times 1000}{130} = 123 \text{ г}$$

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 еще и в том, что если 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.

Химический состав животных разных видов – весьма однородный: вода – 60%, белок - 16%, жир – 20%, минералы – 4%. Количество углеводов, в отличие от растений, незначительное – около 1% в виде глюкозы крови, гликогена печени и мускулов. С возрастом существенно повышается пропорция в теле жира и снижается – воды (табл.1.2). В обезжиренном теле разных животных (жвачные, мыши, свиньи, птицы, рыбы) соотношение вода:белок:минералы составляет- 19:5:1.

Таблица 1.2. – Состав тела животных без содержимого пищеварительного тракта.

Вид	Вода	Белок	Жир	Зола	Сухое обезжир. тело	
					Белок	Зола
Теленок 6 мес.	68	18	10	4,0	81,6	18,4
Бык 1год.	43	13	41	3,3	79,5	20,5
Поросенок 8 кг	73	17	6	3,4	83,3	16,7
Свинья 100 кг	49	12	36	2,6	82,4	17,6
Курица	56	21	19	3,2	86,8	13,2
Лошадь	61	17	17	4,5	79,2	20,8

# Глава 1. Методы анализа кормов

## 1.1. 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. 1.3). Слово «сырой» равнозначно немецкому слову roh или английскому слову crude, переводится как неочищенный, неготовый, 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 %).

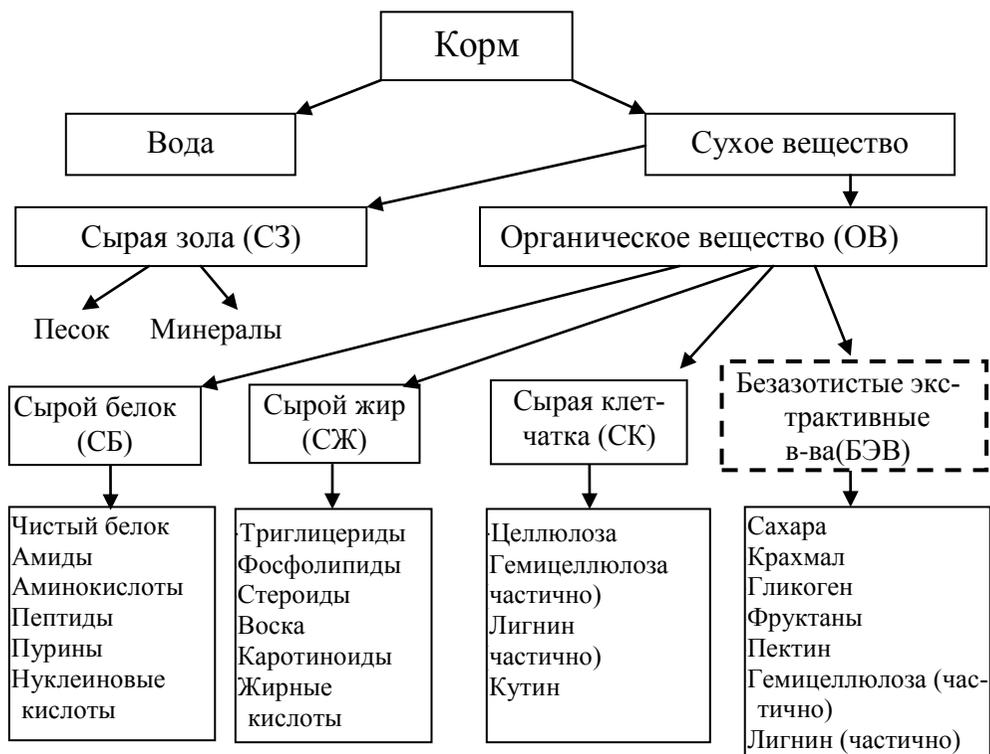
Таблица 1.3 – Состав кормов по результатам зоотехнического анализа, содержание веществ выражено в г/кг натурального и сухого вещества кормов

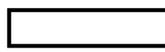
Корма	Вода, г	СВ,г	СБ,г	СЖ,г	СЗ,г	СК,г	БЭВ,г
В 1 кг натурального вещества (НВ)							
Сено суданки	150	850	106	25	59	221	439
Сенаж из люцерны	550	450	65	16	45	103	221
Силос кукурузный	700	300	26	12	14	70	179
Ячмень	120	880	109	19	25	47	679
Свекла кормовая	870	130	16	1,4	15	15	83
В 1 кг сухого вещества (СВ)							
Сено суданки	0	1000	125	29	69	260	517
Сенаж из люцерны	0	1000	145	36	100	228	491
Силос кукурузный	0	1000	85	40	46	233	596
Ячмень	0	1000	124	22	29	53	772
Свекла кормовая	0	1000	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 серусодержащих 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  $\text{CuSO}_4$ , которые добавляют в сжигаемую смесь навески и концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Белки отличаются от углеводов и жиров тем, что в их молекуле содержится азот. Большинство белков содержат 16% азота (16 г в 100 г белка). Если 100 г 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 азот-белковый коэффициент не 6,25, а 5,7 ( $100:17,5 = 5,7$ ). Однако в зоотехнической практике для всех кормов, в том числе для выше названных зерновых, применяется один азот-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, необязательно 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. 1.1). 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 также определение без сжигания навески корма на приборе по принципу инфракрасного излучения (рис 1.2).



Рисунок 1.1 – Комплект приборов для определения азота в кормах по методу Кьельдаля



Рисунок 1.2 – Универсальный анализатор состава зерна и комби-кормов на основе инфракрасного излучения



Рисунок 1.3 – 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  $110^{\circ}\text{C}$ ). 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 определенной



Рисунок 1.4 – Автоматический аппарат для определения в кормах сырого жира.

последовательности. После реакции с нингидрином устанавливается их количество в образце и фиксируется в компьютере (рис. 1.3).

**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 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 этих 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 во фракции сырая клетчатка.

**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.

## 1.2. 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.

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 полифенольного вещества – лигнина. 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.

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 (ЭДТА). 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 удаляют крахмал, путем обработки ферментом амилазой. НДК в количественном отношении примерно в 2 раза превышает количество СК в

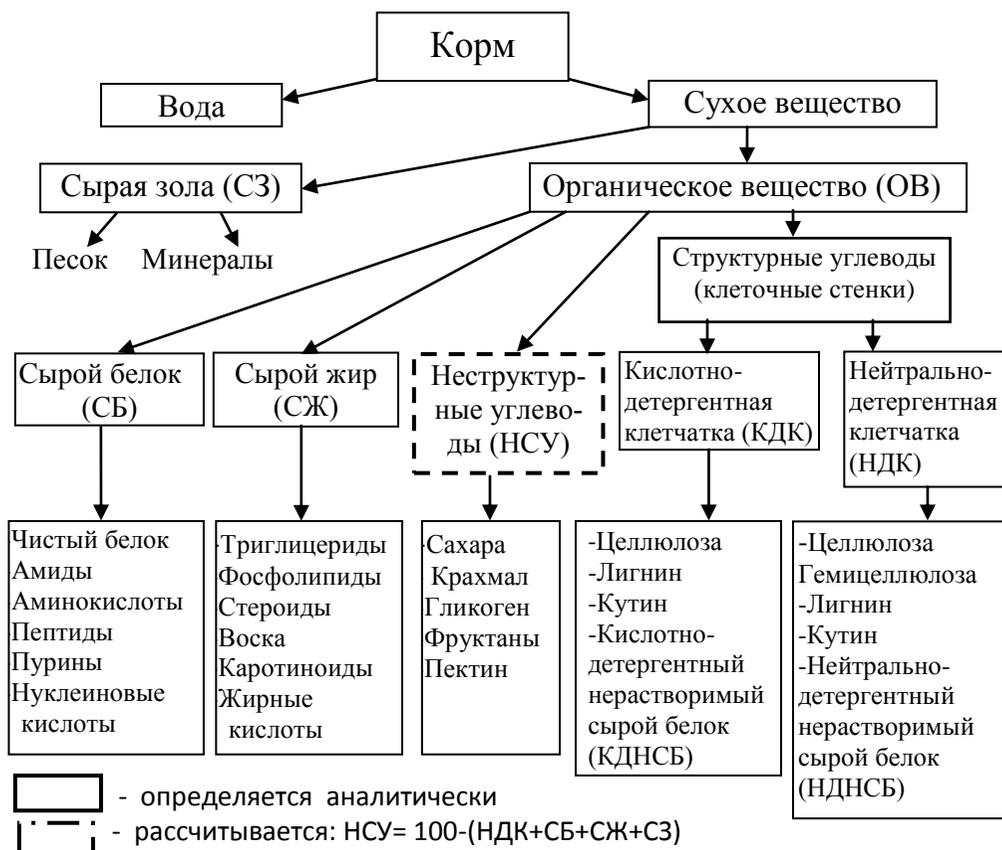


Рисунок 1.5 – Автоматический аппарат для определения нейтрально- и кислотно-детергентной клетчатки, лигнина, целлюлозы, гемицеллюлозы.

кормах (сравните показатели 1.3 и 1.4 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)



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 40 кг 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 1.4 – Состав кормов по модифицированной Ван Соестом системе анализа

Корма	Вода,г	СВ,г	СБ,г	СЖ,г	СЗ,г	НДК,г	КДК,г	НСУ,г
В 1кг натурального вещества (НВ)								
Сено суданки	150	850	106	25	59	490	313	170
Сенаж из люцерны	550	450	65	16	45	207	135	117
Силос кукурузный	700	300	26	12	14	150	84	98
Ячмень	120	880	109	19	25	183	63	544
Свекла кормовая	870	130	16	14	15	43	18	42
В 1 кг сухого вещества (СВ)								
Сено суданки	0	1000	125	29	69	577	368	200
Сенаж из люцерны	0	1000	145	36	100	460	300	259
Силос кукурузный	0	1000	85	40	46	500	280	329
Ячмень	0	1000	124	22	29	208	72	617
Свекла кормовая	0	1000	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 нормального рН рубца (Yang W.Z., et al., 2006,2007).

Для измерения фЭНДК предложено разделение 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 поддерживает рубцовый рН на уровне 6, с 20% фЭНДК – жир молока на уровне 3,4% у коров в ранней лактации (Zabely Q., et al, 2006).

Оценка корма на содержание фЭНДК производится путем просеивания корма на трехрусном сите и распределение соотношения частиц размером >19 мм, от 8 до 19 мм и <8 мм. Было установлено, что потребность фЭНДК составляет 19% СВ силоса, удерживаемого на сите с размером ячеек 8-19 мм (Lammers et al.,1996).

**Кислотно – детергентная клетчатка (КДК).** При оценке кормов по ВанСоестуиспользуется и другая фракция – кислотно-

детергентная клетчатка. Это остаток после многократной промывки навески НДК кислотным – 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 кислотно – 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:  $\text{КДК, \%} = -1,15 + 0,62 \text{ НДК, \%}$

Для сена и зеленой массы трав:  $\text{КДК, \%} = 6,89 + 0,50 \text{ НДК, \%}$

Для сена, сенажа из бобовых трав:  $\text{КДК, \%} = -0,73 + 0,82 \text{ НДК, \%}$

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:  $100 - (\text{СБ \%} + \text{СЖ \%} + \text{СЗ \%} + \text{НДК \%})$ , или в г/кг СВ:  $1000 - (\text{СБ г/кг} + \text{СЖ г/кг} + \text{СЗ г/кг} + \text{НДК г/кг})$ . 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 (табл. 1.3, 1.4).

Количество НСУ в кормах зависит от типа корма и методов их переработки. Различия более всего обусловлены содержанием пектина и жирных кислот (табл.1.5).

Таблица 1.5 – 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 1.6 – Рекомендуемые минимальные концентрации общей НДК и КДК объемистых кормов, максимум НСУ в рационах лактирующих коров при кормлении полнокомпонентной 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.

### 1.3. 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. 1.6) 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 12м  $H_2SO_4$ . 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 обменную 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 – водоудерживающая способность и ионообменные

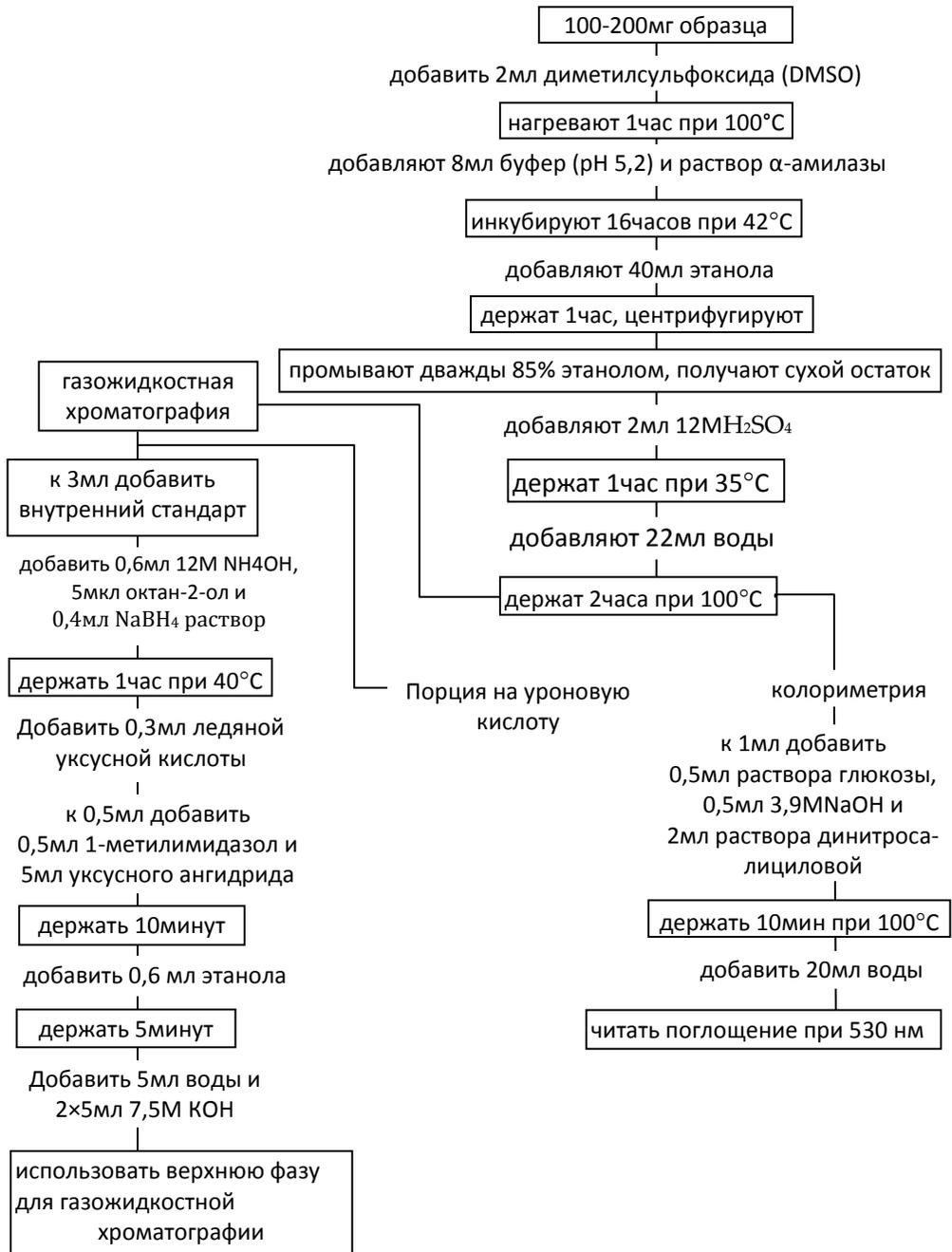


Рисунок 1.6 - Определение некрахмальных полисахаридов методами колориметрии и газожидкостной хроматографии (Н. Englyst, 1989)

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 они затрачивает на еду, и более длительной наполненности желудка пищей.



Рисунок 1.7 – Аналитические весы и муфельная печь

В зерне ржи, тритикале, ячменя, овса содержится значительное количество НКП, которые ухудшают переваримость и рост поросят, цыплят (табл. 1.7). 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 1.7. – Содержание некрахмальных полисахаридов в кормах

Корма	Всего, г/кг сухого вещества	В том числе		
		НДК	$\beta$ -глюканы	арабинокси- ланы
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



Рисунок 1.8 – Газожидкостной хроматограф

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 межсортовые различия по реакции на добавку ферментов в рационы цыплят. Поэтому актуальным вопросом является оценка зерна злаковых культур на наличие НКП и целесообразность применения ферментов в сортовом разрезе.

#### **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 кислотнo-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?

## Литература

1. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов: Научное издание / М. П. Кирилов [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 404 с.
2. Попов И. С. Избранные труды. / И. С. Попов. - М.: Колос, 1966. - 808 с.
3. 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.
4. Mertens, D.R., Physically effective NDF and its use in dairy rations explored. *Feedstuffs*, 2000, April, 10:11-14.
5. NRC. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 2001.
6. 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.
7. 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. Offic. Anal. Chem.*, 1963, 46:829.
8. 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.
9. Yang, W.Z., K.A.Beauchemin. Increasing the physically effective fiber content of dairy cow diets may lower efficiency of feed use. *J. Dairy Sci.*, 2006, 89:2694-2704.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. Englyst H. Classification and measurements of plant polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology*, 1989, 23:27-42.

## Глава 2. Пищеварение

**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 (рис. 2.1).

### 2.1. Пищеварение в желудке

Желудки у разных животных имеют разное количество камер. У свиней, 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 однокамерному желудку нежвачных животных.

**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, до-

бавочными клетками, вырабатывающими мукоидную слизь. Фундальная зона представлена главными клетками, секретирующими проферменты пепсиноген и прореннин, и обкладочными, секретирующими соляную кислоту. В желудке вырабатывается некоторое количество липазы. В слизистой желудка есть эндокринные клетки, вырабатывающие гормон гастрин. Таким образом, желудочный сок содержит ферменты пепсин, реннин, соляную кислоту и слизистый мукоид, рН сока 0,7-1,5.

Моногастричные животные (свинья)



Нежвачные травоядные животные (лошадь)



Жвачные



Птица

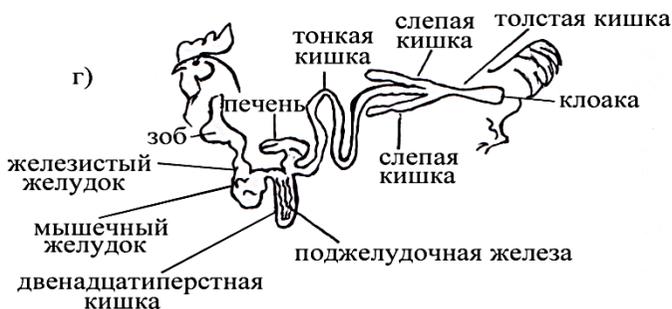


Рисунок 2.1 – Строение пищеварительного тракта сельскохозяйственных животных

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 реннина; 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. Ренин створаживает белки молока. Следовательно, переваривание в желудке является лишь начальной ступенью пищеварения.

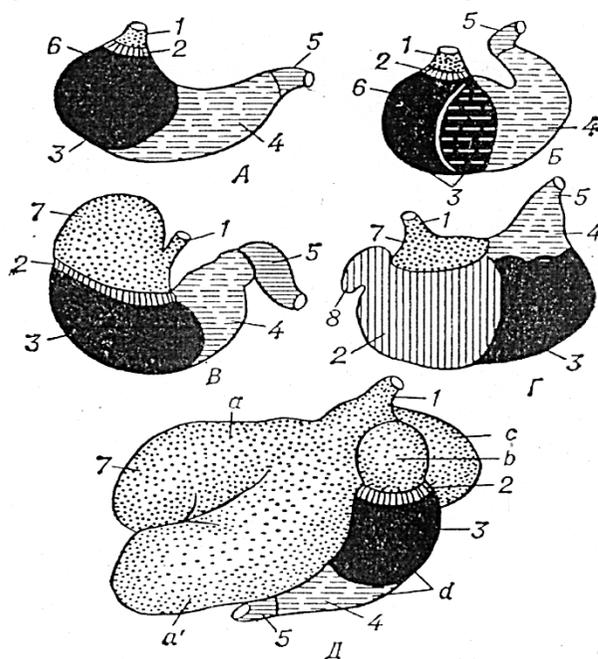


Рисунок 2.2 – Схема распределения железистых зон в желудках разных типов строения: А – человека; Б – собаки; В – лошади; Г – свиньи; Д – жвачных ( а, а<sup>1</sup> – верхний и нижний мешки рубца, b – сетка, с – книжка, d – сычуг): 1 – пищевод, 2 – зона кардиальных желез (штрих), 3 – зона фундальных желез (черная), 4 – зона пилорических желез (прерывистый штрих), 5 – двенадцатиперстная кишка, 6 – свод желудка, 7 – пищеводная (безжелезистая) часть желудка (точки), 8 – дивертикул.

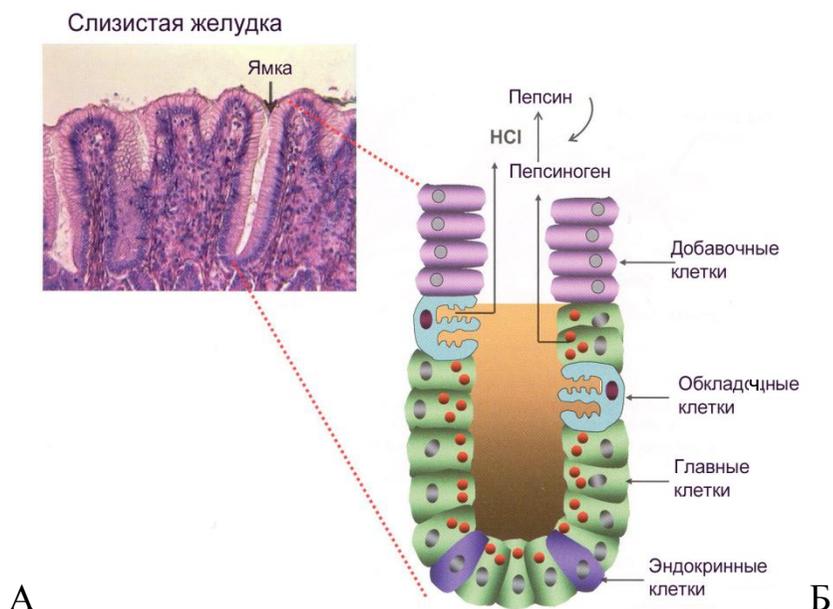


Рисунок 2.3 – Строение пищеварительных желез желудка: А – гистологический срез слизистой желудка; Б – рисунок ямки слизистой с железистыми клетками (заимствовано у R.M. Akers and D.M. Denbow, 2008)

### 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 «макроорганизм – микроорганизм» 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 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), пропионовую ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ ) и масляную ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ ) в качестве основного источника энергии. Ежедневное поступление в организм животного ЛЖК составляет 4-5 кг.

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. 2.4).



Рисунок 2.4 – Корова с установленной на рубец канюлей в области голодной ямки. Студенты зоофака Кубанского госагроуниверситета берут рубцовую жидкость для определения pH.

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 2.1 – 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

## 2.2. 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 4:1, собака 6:1, кролик 10:1, лошадь 12:1, свинья 14:1, крупный рогатый скот 20:1, овца, коза 25:1. Двенадцатиперстная и подвздошная кишки довольно короткие, на каждую из них приходится не более 3% 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 0,2-1 мм, вытянутых в полость кишечника. Количество ворсинок – 20-40 штук на 1 мм<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 2 мкм на поверхности эпителиоцитов. Их количество составляет 80-120 штук на 1 мм<sup>2</sup> площади ворсинок. Микроворсинки образуют на поверхности ворсинок слой, называемый «щеточкой» (рис. 2.5В).

В центре каждой ворсинки имеется лимфатический сосуд (синус). Между эпителием и синусом находятся тончайшие кровеносные сосуды, нервы и гладкомышечные волокна, при сокращении которых ворсинки укорачиваются.

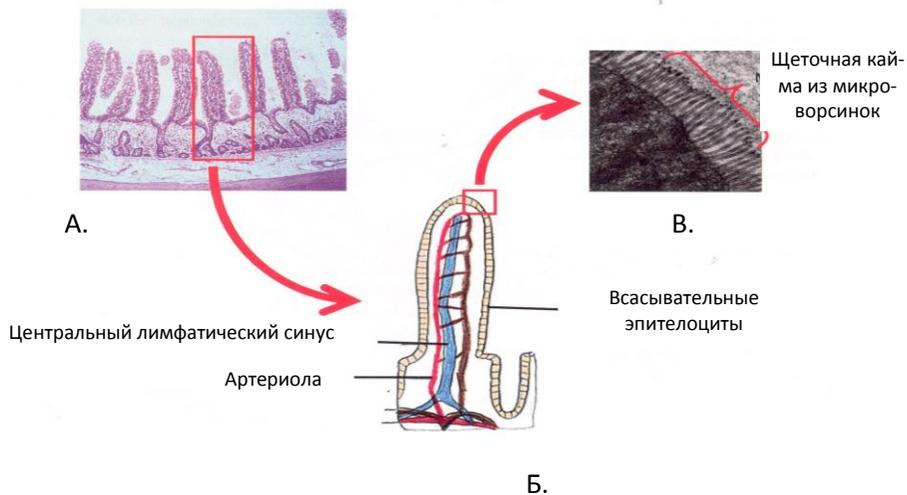


Рисунок 2.5 – Строение стенки тонкой кишки: А – гистологический срез кишечной стенки; Б – схема ворсинки; В – гистологический срез стенки ворсинки с микроворсинками (заимствовано у R.M. Akers and D.M. Denbow, 2008).

Микроворсинки покрыты предмембранным образованием – гликокаликсом (скопление мукополисахардных нитей), который выполняют роль молекулярного «сита», которое 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 (рН = 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 (табл. 2.2).

**Кишечный сок.** Кишечный сок содержит ферменты: пептидазы (аминопептидазу, карбоксипептидазу). Они гидролизуют ди-, три-, тетрапептиды 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 2.2 – 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	Лактоза	Глюкоза, галактоза	Высокая у молодых млекопитающих
Сахараза	Тонкий кишечник	Сахароза	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	
Лецитиназа	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)	Ca-казеинат	Важно для новорожденных
Трипсин *	Поджелудочная железа	Белки и продукты пепсинового и реннинового переваривания	Пептиды с концевыми группами аргинина или лизина	
Химотрипсин	Поджелудочная железа	Белки, продукты пепсинового и реннинового переваривания	Пептиды с концевыми группами из ароматических аминокислот (фенилаланин, тирозин).	Важно для новорожденных

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 (РНК-аза, ДНК-аза)	Поджелудочная железа Тонкий кишечник	Нуклеиновые кислоты	Нуклеотиды, фосфорная кислота, пентозные сахара	Важно для новорожденных
Нуклеотидазы	Тонкий кишечник	Нуклеотиды	Пуриновые и пиримидиновые основания	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 олигомеров, 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. 2.5).

### 2.3. 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 всасывается 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, это 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 проходить 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, с помощью которого аминокислоты проникают вместе с ионом водорода ( $\text{H}^+$ ), вместо  $\text{Na}^+$ .

В этом случае  $\text{H}^+$  перекачивается в кишечную полость в обмен на  $\text{Na}^+$ .  $\text{Na}^+$  затем перекачивается из клетки с помощью  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -АТФазы на базолатеральную мембрану. Это создает высокий концентрационный градиент для  $\text{H}^+$  в полости кишечника. По мере того как  $\text{H}^+$  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 формировать 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 реэтерифицированные липиды упаковываются в портомикроны. После исчезновения энтероцитов портомикроны поступают непосредственно в портальную (воротную) вену и поступают в печень.

Хотя всасывание жира внутрь эпителиальных клеток 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, заполненного моле-

кулами  $\gamma$ -глобулинов (рис. 2.6). 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.

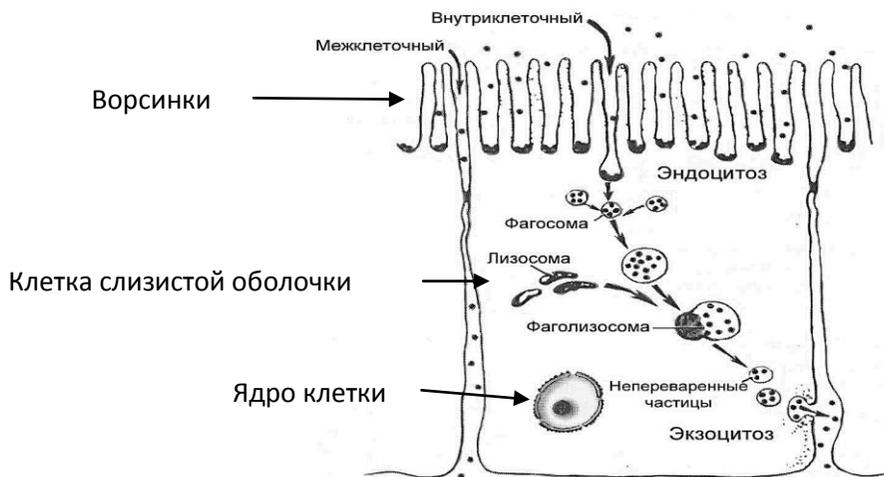


Рисунок 2.6 – Механизм проникновения иммуноглобулинов молозива через клетки слизистой тонкого кишечника (заимствовано у R.A.Argenzio, 2004)

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

#### 2.4. Пищеварение в толстом отделе кишечника

Толстая кишка (*intestinum crassum*) относится к заднему отделу пищеварительного тракта и делится на слепую (*caecum*), ободочную (*colon*) и прямую (*rectum*) кишки. Объем его варьирует (по отношению к общему объему желудочно-кишечного тракта) от 11-15% у плотоядных и жвачных до 40-60% у лошадей и кроликов. У свиней он занимает промежуточное положение. У травоядных с однокамерным желудком (лошади, кролики) его можно рассматривать как отдел, аналогичный преджелудкам жвачных. Химус из подвздошной кишки поступает в слепую порциями через илеоцекальный сфинктер (лошадь, кролик) или клапан (у жвачных, свиней и собак).

**Секреторная функция.** Слизистая оболочка толстой кишки не имеет ворсинок, но имеет много складок и крипт, богата бокаловидны-

ми энтероцитами, вырабатывающими бесферментную водянистую слизь (рН 7,6-9,0), содержащую много отторгнутого эпителия, лимфоцитов. Щелочная реакция сока нейтрализует кислоты брожения и поддерживает рН содержимого на уровне 6,9-7,2. Выделяемые в небольшом количестве амилаза, липаза, щелочная фосфатаза не играют существенной роли. Главная роль в переработке непереваренных остатков корма, поступивших из тонкого отдела кишечника, принадлежит бактериям.

**Роль микрофлоры.** Наличие микрофлоры является необходимым условием нормального существования организма. Опыты с выращиванием безмикробных животных (гнотобиотов) показали важное влияние микрофлоры на многие процессы: она обеспечивает разложение и переваривание непереваренных остатков корма, эндогенных остатков ферментов, слущивающегося кишечного эпителия; подавляет развитие патогенных гнилостных бактерий; влияют на обновление кишечного эпителия, толщину кишечной стенки.

В слепой кишке лошади, свиньи, кролика плотность микрофлоры достигает  $10^9$ - $10^{10}$  в грамме содержимого. Основную массу микрофлоры составляют облигатные анаэробы и лишь 10-15% представлены кишечной палочкой (*E.coli*), лактобациллами, стрептококками и др. В толстых кишках крупного рогатого скота, овец и птиц отсутствуют простейшие.

Роль микрофлоры сводится, прежде всего, к расщеплению и сбраживанию клетчатки до летучих жирных кислот и газов. Целлюлозолитическая активность микрофлоры в слепой кишке травоядных примерно равна таковой рубца жвачных. У лошадей здесь сбраживается основная масса клетчатки, при этом особенно активно сбраживается гемицеллюлоза. Сбраживание (гидролиз) целлюлозы в слепой и ободочной кишках моногастричных менее эффективно, чем в рубце жвачных. Тем не менее, слепая кишка играет важную роль в обеспечении животных энергетическими субстратами в виде ЛЖК, количество которых составляет около 10-15% их суточной потребности. Образующиеся здесь витамины группы В не имеют существенного значения для животных из-за ограниченного всасывания.

Под действием бактериальных протеолитических и липолитических ферментов в толстой кишке перевариваются поступившие из тонкого кишечника непереваренные белки, включая белки слущивающегося эпителия. Образующиеся аминокислоты и аммиак бактерии используют для биосинтеза белка собственного тела.

Часть белков подвергается в толстом отделе бактериальному гниению с выделением аминокислот, аминов, аммиака, сероводорода, меркаптана, индола, скатола, крезола и фенола. Частично всасываясь в кровь, они обезвреживаются печенью.

**Всасывание воды и образование фекалия.** В толстом кишечнике интенсивно всасывается вода и электролиты (натрий, хлор, маг-

ний), в результате чего содержимое уплотняется с образованием фекалий. В сухом веществе фекалий содержится 10-20% белка, 5% жира, 40% клетчатки, 35% БЭВ, 5% золы. От 35 до 55% массы фекалий составляют тела микроорганизмов.

Таблица 2.3 – Кал разных животных.

Животные	Живая масса, кг	Количество кала, кг/день	Содержание воды, %	pH
Корова	550	20-45	75-86	6,8
Лошадь	550-650	6-25	73-78	6,8
Свинья	100	1-3	65-75	7,7
Овца	45-55	0,9-3	57-75	7,6
Курица	1,5-2,0	0,15-0,20	75-80	6,7

**Моча.** Конечные продукты обмена из крови удаляются через мочу. Функция почек состоит в том, чтобы поддерживать постоянство состава плазмы крови путем удаления воды, азота и серусодержащих веществ, электролитов. Экскретируемое количество воды в день очень изменчиво, оно зависит от потребления воды и корма, интенсивности респирации при разной температуре окружающей среды. Мочевина, выделяемая с мочой, является конечным продуктом белкового обмена у млекопитающих. У птиц с мочой экскретируется мочевиная кислота. У млекопитающих она образуется в результате окисления нуклеиновых кислот и выделяется с мочой в виде аллантаина.

Таблица 2.4 – Состав мочи.

Показатели	Лошадь	Корова	Свинья	Овца	Курица
Количество, л/день	3-15	15-30	1,5-6	0,5-2	
pH	6,8-8,4	7,0-8,7	6,4	7,3-8,8	5,0
Состав мочи, г/л:					
Сухое вещество	80-130	50-80	30-60	100-150	
Азот общий	15	3-10	2-4	13-25	0,20*
Мочевина	31	18,5	5,5	22,1	
Азот мочевины	14,2	8,5	2,5	10,3	
Гиппуровая к-та	25	16,5	5,0	32,4	4
Азот гиппуровой к-ты	1,9	1,3	0,4	2,5	
Мочевая к-та					0,15*
Азот мочевой к-ты					0,05*

\*г/день

Другие азотсодержащие вещества, присутствующие в моче сельскохозяйственных животных, являются аммиак, креатинин, гиппуровая кислота (соединение глицина и бензойной кислоты –  $C_6H_5CONHCH_2COOH$ ), фенилуксусная кислота –  $C_6H_5CH_2CONHCH_2COOH$ ). Эти две кислоты являются продуктом обмена фенилаланина микроорганизмов, выделяются в более высоком количестве у жвачных и лошадей. Серная кислота образуется в результате разрушения серусодержащих аминокислот. Моча

является основным путем экскреции минеральных веществ – хлора, фосфора, калия и натрия.

## 2.5. Гормоны пищеварительного тракта

Желудочно-кишечный тракт производит несколько гормонов, которые регулируют переваривание, обмен веществ, аппетит.

**Гастрин** – пептидный гормон, производимый в желудке в ответ на его растяжение, присутствие аминокислот и пептидов в содержимом желудка. Он также стимулируется высокой концентрацией эpineфрина в крови и ингибируется высокой концентрацией кислоты в желудке. Гастрин повышает секрецию соляной кислоты и пепсиногена в желудке и улучшает рост слизистой желудка.

**Холецистокинин (ХЦК)** – пептидный гормон, производимый в стенке двенадцатиперстной кишки в ответ на присутствие аминокислот, пептидов, длинно-цепочных жирных кислот. Он повышает секрецию желчи, панкреатических ферментов и глюкагона, снижает скорость освобождения желудка. Он играет роль в регуляции аппетита, вызывая чувство сытости. Инфузия ХЦК в кровь животных во время еды вызывает преждевременное прекращение еды.

**Секретин** – другой пептидный гормон, произведенный в эндокринных клетках двенадцатиперстной кишки. Его синтез стимулируется наличием аминокислот, пептидов и кислоты в двенадцатиперстной кишке. Секретин повышает секрецию бикарбоната поджелудочной железой и клетками желчных протоков.

**Желудочный ингибиторный пептид (ЖИП)** – секретируется в двенадцатиперстной кишке в ответ на присутствие глюкозы и жира. Он снижает желудочную секрецию и моторику, повышает секрецию инсулина.

**Соматостатин** – производится не только в гипоталамусе, чтобы регулировать секрецию гормона роста, но также тканями кишечника. Его секреция стимулируется присутствием кислоты в просвете кишечника. Кишечной соматостатин снижает секрецию гастрина, ЖИП, секретина, желудочной кислоты, панкреатических энзимов и желчи. Он также снижает моторику желудка и всасывание глюкозы. Жировые ткани производят не только лептин, но также адипонектин и резистин, которые, вероятно, играют роль в инсулиновой чувствительности, обмене жира и ожирении.

**Вилликинин** – синтезируется в эндокринных клетках двенадцатиперстной кишки, стимулирует ритмическое сокращение ворсинок слизистой тонкого отдела кишечника, способствуя всасыванию продуктов гидролиза.

## 2.6. Строение пищеварительного тракта и пищеварение 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 амилолитических ферментов 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. 2.5). 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 2.5 – Секреция желудочного сока и ферментативная активность секрета (В. И. Георгиевский, 1990)

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 ж. 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 твердой 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% белка (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, содержащие 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 витамина 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 преджелудков.
6. Процессы микробного расщепления и биосинтеза белков, распада углеводов (крахмала, целлюлозы, гемицеллюлозы), 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.

### **Литература**

1. Георгиевский В. И. Физиология сельскохозяйственных животных. / В. И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990. – 511 с. (учебник для студентов высш. учебн. заведений по специальности «Зоотехния»).

2. Лысов В. Ф. Основы физиологии и этологии. / В. Ф. Лысов, В. И. Максимов – М.: КолосС, 2004. – 295 с (для студентов вузов по специальностям «Ветеринария» и «Зоотехния»).
3. Уголев А. М. Пристеночное (контактное) пищеварение. / А. М. Уголев. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. - 168 с.
4. Argensio R.A. Digestive and Absorptive Functions of the Intestines. p. 419-437// Dukes Physiology of Domestic Animals / 12-th edition William O. Reese. 2004.: Cornell Un. Press.
5. R.M. Akers, D.M. Denbow. Anatomy & Physiology of Domestic Animals. Blackwel Publishing. 2008,612 p.

## Глава 3. Переваримость кормов

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

### 3.1. Методы определения переваримости

**Продолжительность опытов.** Каждый опыт по переваримости складывается из двух периодов – подготовительного и учетного. Продолжительность предварительного периода для свиней и птиц 3-5 дней, для жвачных животных – 2 недели с тем, чтобы лучше избавиться от остатков ранее съеденного 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 5-7 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, при этом животные одной породы, одинакового возраста, живой массы, хорошего здоровья и спокойного нрава. Точность результатов будет тем выше, чем больше животных будет в опытной группе при индивидуальном учете корма и кала.

Некрупных животных (молодняк свиней, телят, овец) 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 и кал, которые попадают 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 мешок для кала 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 3.1 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 1700 г (при влажности кала 57% -731 г СВ). Сено и кал проанализировали на содержание белка, жира, НДК, КДК. Неструктурные углеводы (НСУ) рассчитывают по разнице: 1000 – (СБ 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 определяют 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 3.1 – Химический состав сена, кала и переваримость сена.

Показатели	Сухое вещество	Сырой белок	Жир	НДК	НСУ
Сено суданки, г/кг СВ	1000	125	29	577	200
Кал, г/кг СВ	1000	143	26	501	154
Расчет коэффициентов переваримости					
Принято, г	1632	203	48	932	326
Выделено в кале, г	731	105	19	366	113
Переварено, г	901	98	29	566	213
Коэффициент переваримости	0,55	0,48	0,59	0,61	0,65
То же, %	55	48	59	61	65

## **Пример №2. Определение переваримости отрубей**

Когда необходимо определить у жвачных животных переваримость концентратов в составе рациона, нужно скармливать грубый корм (сено, сенаж или силос) в качестве основного компонента рациона, концентрат как добавку к нему, или взамен части грубого корма. Расчеты коэффициентов переваримости питательных веществ отдельного корма (в данном примере отрубей) 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** – количество питательного вещества (СВ, СБ, СЖ и других) – в съеденной порции отрубей, г;

**П в-во в кале** – количество питательного вещества в выделенном овцами кале, г;

**П в-во в кале С** – количество питательного вещества, выделенного в кале за счет сена (г), 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 сено + 0,4 кг отруби. Сначала определяют переваримость сена (см. пример №1), затем на тех же животных переваримость сена+отруби. Чтобы определить количество переваренных питательных веществ отрубей, нужно рассчитать количество переваренных веществ сена по коэффициентам переваримости 1 опыта, затем это количество отнять из общего количества переваренных веществ рациона (сено+отруби), полученная разница представляет количество переваренных веществ отрубей (табл. 3.2).

## **Сумма переваримых питательных веществ (СППВ)**

**Расчет суммы переваримых питательных веществ.** Данные по переваримости питательных веществ используют для определения суммы переваримых питательных веществ. СППВ рассчитывают 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 и белка. Зная содержание питательных веществ в СВ корма, коэффициенты их переваримости, можно рассчитать СППВ, например, для сена по данным таблицы 3.1:

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

## **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 применяется в опытах по переваримости. Одна-

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

Таблица 3.2 – Состав сена, отрубей, кала и переваримость

Показатели	Сухое в-во	Сырой белок	Жир	НДК	НСУ
Сено, г/кг СВ	1000	125	29	577	200
Отруби, г/кг СВ	1000	173	43	425	296
Кал, г/кг СВ	1000	140	27	489	171
Принято, г					
Сено	1292	162	37	745	258
Отруби	356	62	15	151	105
Всего	1648	224	52	896	363
Выделено с калом, г					
Всего	706	99	20	345	121
Переварено, г					
Всего	942	125	33	551	242
В т.ч. за счет сена	711	78	22	454	168
В т.ч. за счет отрубей	231	47	10	97	74
Коэффициенты переваримости					
Отруби	0,65	0,75	0,66	0,64	0,70
То же, %	65	75	66	64	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. При определении переваримости у группы свиней в течении 4-5 дней в станке отбирают средние пробы кала, желательнее иметь для анализа пробы за каждый день, в которых на атомно-адсорбционном спектрофотометре определяют концентрацию хрома. Зная концентрации питательных веществ в корме и кале, переваримость сухого вещества и его компонентов рассчитывают по уравнению:

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

**Пример №3. Определение переваримости сухого вещества и питательных веществ комбикорма у свиней 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 6,84 г Cr или 0,684%.

Таблица 3.3 – Состав корма и кала, % СВ

Показатели	СВ	СБ	СЖ	НДК	КДК	Cr
Корм	100	15,6	3,97	18,6	6,4	0,1368
Кал	100	16,0	4,20	50,2	18,9	0,684

В качестве примера рассчитаем переваримость сырого белка (ПСБ):

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

Подобным образом рассчитывают переваримость других питательных веществ. Метод весьма удобный в условиях производственных испытаний. В опытах со жвачными в качестве индикатора может быть лигнин самого корма или непереваримая зола, главным образом, силициум.

### **3.2. 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 используется бактериями для собственного питания и размножения. 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 перерабатывается бактериями до летучих жирных кислот, которые всасываются в преджелудках и поступают в организм, минуя тонкий кишечник. Вывод: определение переваримости белка, аминокислот, крахмала по разнице между их количеством в корме и кале не дает представления о процессах, происходящих с этими веществами в пищеварительном тракте у жвачных. Поэтому переваримость определяют на канюлированных животных по разнице между количеством питательных веществ поступивших в 12-перстную кишку и количеством,

обнаруживаемым в терминальной части подвздошной кишки или в кале. Переваримость питательных веществ в рубце жвачных проводят методом *in situ*.

Таблица 3.4 – Метод *in situ* (или *in sacco* – в мешочке) для определения рубцовой переваримости белка у молочных коров

Показатели	Рекомендации
<b>Рацион:</b>	
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
<b>Оценка кормов:</b>	
Химанализ	Минимум: СВ, СБ, НДК, СЗ
Физическая характеристика	Обработка кормов: t°, время
Технологическая подготовка образца	2 мм сито на мельнице
<b>Характеристика мешочка:</b>	
Материал	Полистирол
Размер пор	От 40 до 60микрон (μ)
<b>Процесс инкубации:</b>	
Количество животных	2, данные о живой массе
Количество дней	2
Количество повторностей	1
Предварительное смачивание	Рекомендуется
Положение в рубце	Вентральный рубец
Помещение в рубец/ 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

### Переваримость в разных отделах пищеварительного тракта

Знание особенностей переваривания в разных участках пищеварительного тракта позволяет лучше понимать судьбу питательных веществ в процессе пищеварения. Например, углеводов, 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 канюлированных животных. У жвачных канюли 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 же-

лудком, 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 (2,5х5 см) из полистирола, подобных, как в методе *in situ*. В него помещают образец корма 0,5-1г и вводят через канюлю, например, дуоденум и извлекают через вторую канюлю, например, в терминальной части илеума ( на уровне илеоцекального сфинктера). Разницу количеств питательных веществ между этими участками берут для расчета переваримости и всасывания. Установка T-образных канюль у свиней в терминальном илеуме применяется для получения так называемой илеальной переваримости аминокислот.

### **Методы определения переваримости *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, затем перевар (вместе с недопереваренными белками) инкубируют пепсином в следующие 48 часов. Нерастворимые остатки отфильтровывают, высушивают и сжигают для определения золы. Органическое вещество определяют путем вычитания золы из навески корма и рассчитывают переваримость органического вещества.

Используемая рубцовая жидкость действует на переваривание неодинаково, поскольку её активность зависит от рациона, который поедает жвачное животное. В попытке получать более воспроизводимые данные рубцовую жидкость заменяют средой с 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, рН=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 рН 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.

### **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, секретированное 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, которая поступила из тела (эндогенная). 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.

### **3.3. Истинная и кажущаяся переваримость**

Определение количества переваренных веществ по разнице – потребленные вещества минус выделенные в кале – не дает представления об истинной 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 количества переваримой энергии. Академик А. П. Калаш-

ников 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 непереваренные остатки корма. Значительную часть фекалия 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 в содержимом 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 крови в просвет кишечника и что 10-20% альбуминов плазмы 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 0,5-0,6 г в расчете на 100г сухого вещества рациона. Последнее значение составляет 4% белка рациона.

Таким образом, определение переваримости с учетом эндогенного азота приводит к определению **истинной** переваримости белка корма, без учета эндогенного азота-определению **кажущийся** переваримости.

### **3.3.1. 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 по-

гибнуть. 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:

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

Истинную переваримость по уравнению:

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

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 (табл. 3.5). На рационах с высоколизиновой (ВЛ) кукурузой количество эндогенного азота от потребленного составляло 5,4-7,1%, с обычной (ОБ) существенно больше – 10,0-10,8%, его доля 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 3.5 – Кажущаяся и истинная переваримость азота у свиней при ограниченном и кормлении 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 кала	60,0	55,0	74,0	62,1
Эндогенный N, % кала	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

### 3.4. 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 из-

меняться в зависимости от сроков вегетации, технологии их заготовки в виде сена, силоса, сенажа. Клетчатка и степень лигнификации клеточных стенок – главная причина снижения переваримости. 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, 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 pH рубцового содержимого до 6,0 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 улучшение переваримости. 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, картофеля.

**Виды животных.** Разные виды животных переваривают один и тот же корм 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 крупного рогатого скота. В серии исследований датского профессора Б.Эггума была показана практически идентичность коэф-

фициентов 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 медленно переваримых компонентов кормов, прежде всего их клеточных стенок. Изменение переваримости, а, следовательно, и энергетической ценности кормов под воздействием уровня потребления корма, необходимо учитывать при балансировании рационов по количеству энергии. Поэтому уровень кормления молочных коров рекомендуется выражать в кратных количествах энергии, потребной на поддержание, принятой за единицу – 1 (т.е. количество, 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 полнокомпонентных кормосмесях приводит к снижению переваримости на 0,02-0,03 единицы (2-3 абс. процентов). 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 продуктами-сухим жомом, яблочными выжимками, соевой шелухой.

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 освобождаются 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*?

#### **Литература**

1. Григорьев Н. Г. Биологическая полноценность кормов / Н. Г. Григорьев, Н. П. Волков, Е. С. Воробьев, А. В. Гарист, А. И. Фицев, Ф. В. Воронкова. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989.– 287 с.
2. Овсянников А. И. Основы опытного дела в животноводстве. / А. И. Овсянников – М.: «Колос», 1976. – 300 с.
3. Попов И. С. Избранные труды / И. С. Попов. - М.: «Колос», 1966. - 808 с.
4. Эггум Б. Методы оценки использования белка животными. / Б.Эггум пер.с англ. - М.: «Колос», 1977. - 189 с.

## Раздел II. Структура, биологические свойства основных компонентов растений и животных

### Глава 4. Углеводы

Название «углеводы» происходит от названия веществ их составляющих – это углерод (С), связанный с водородом (Н) и кислородом (О), при этом два последних элемента присутствуют в том же соотношении, как в воде. Углеводы-нейтральные химические вещества, имеющие эмпирическую формулу  $(\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_k)_n$ , где  $n$  – это три или более. Однако, некоторые вещества со свойствами углеводов содержат фосфор, азот или серу, а другие, например, дезоксирибоза ( $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_4$ ) не имеет водорода и кислорода в том соотношении, как в воде.

#### 4.1. Классификация углеводов

##### 1. Моносахариды

- гексозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза)
- пентозы  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$  (арабиноза, ксилоза, ксилулоза, рибоза, рибулеза)
- тетрозы  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$  (эритроза)
- триозы  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$  (глицеральдегиды, дигидроксиацетон)
- гептозы  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_7$  (седогептулоза)

##### 1.1. Производные моносахаров

- эфиры фосфорной кислоты
- аминсахара (глюкозамин, галактозамин)
- дезоксисахара (дезоксирибоза)
- сахарные кислоты (альдоновая, альдаровая, уроновая)
- сахарные спирты (сорбитол, дулцитол, маннитол)
- гликозиды (цианогенные гликозиды и др.)

##### 2. Олигосахариды

- дисахариды (сахароза, мальтоза, лактоза, целлобиоза)
- трисахариды (раффиноза, кетоза)
- тетрасахариды (стахиоза)

##### 3. Полисахариды

##### 3.1. Гомогликаны

- арабинаны и ксиланы
- глюканы (крахмал, гликоген, целлюлоза, каллоза),  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$
- фруктаны  $(\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4)_n$
- галактаны и маннаны
- глюкозамины

##### 3.2. Гетерогликаны

- пектин
- гемицеллюлоза

Самые простые сахара – моносахариды, которые делятся на подгруппы: триозы ( $C_3H_6O_3$ ), тетрозы ( $C_4H_8O_4$ ), пентозы ( $C_5H_{10}O_5$ ), гексозы ( $C_6H_{12}O_6$ ) и гептозы ( $C_7H_{14}O_7$ ) в зависимости от числа углеродных атомов в молекуле. Триозы и тетрозы относятся к промежуточным продуктам в обмене других углеводов. Моносахариды могут соединяться друг с другом (при этом теряется одна молекула воды в каждой связи), чтобы произвести ди-, три-, тетра-, или полисахариды, содержащие, соответственно, два, три, четыре и более моносахаридных единиц. В связи с потерей воды из молекулы моносахарида при образовании сложных углеводов, их называют моносахаридными остатками.

Термин сахар ограничивается теми углеводами, которые содержат меньше, чем 10 моносахаридных остатков, в то время как название олигосахариды (от греч. *oligos* – немного) чаще всего используется, чтобы включить все другие сахара, кроме моносахаридов.

Полисахариды, называемые также гликанами, являются полимерами из моносахаридов. Их классифицируют в две группы – гомогликаны, которые состоят только из одного типа моносахаридов, и гетерогликаны, которые состоят из разных моносахаридов, и после гидролиза дают их смесь. Молекулярная масса полисахаридов варьирует как минимум от 8000 в некоторых растительных фруктанах и до 100 млн. в амиллопектиновом компоненте крахмала. Гидролиз этих полимеров до их составляющих сахаров может происходить под действием специфических ферментов или кислот, в частности  $H_2SO_4$ .

Сложные углеводы являются трудно определяемой группой компонентов, которые содержат углеводы в комбинации с неуглеводными молекулами. Они включают гликолипиды и гликопротеины.

## 4.2. Моносахариды

### Структура

Моносахариды изображают разными способами, в качестве примера ниже представлены варианты изображения D-глюкозы (рис. 4.1).

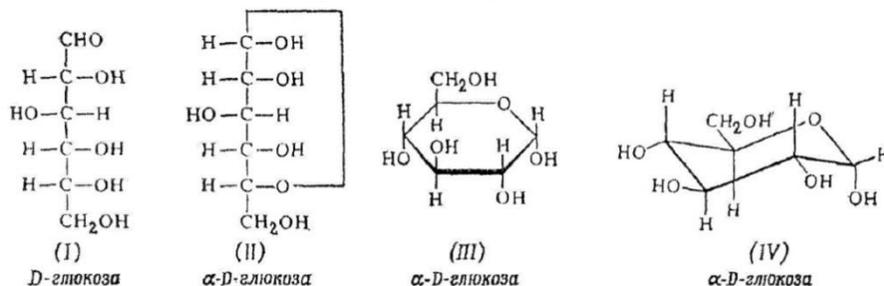


Рисунок 4.1 – Различные способы изображения  $\alpha$ -*D*-глюкозы

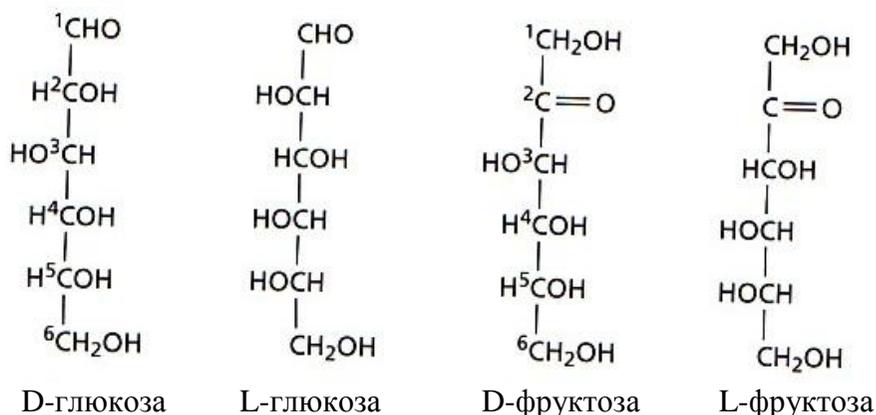
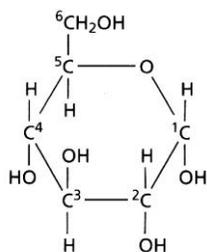


Рисунок 4.2 – Линейное изображение глюкозы и фруктозы

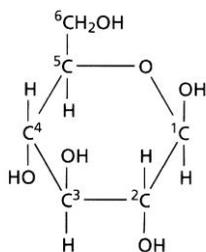
Большинство встречающихся в природе моносахаридов относится к D-моносахаридам, так как они имеют при атоме C, ближайшем к первичной спиртовой группе ( $\text{CH}_2\text{OH}$ ), такое же пространственное расположение H и OH, как у D-глицеринового альдегида. Эти моносахариды, независимо от направления вращения поляризованного луча (вправо или влево), обозначаются символом D, который ставится перед названием моносахарида. Как глюкоза, так и фруктоза имеют конфигурацию D-глицеринового альдегида у пятого атома углерода (наиболее отдаленного от альдегидной группы в глюкозе и наиболее отдаленного от кетонной группы фруктозы). Между тем, глюкоза является правовращающим веществом, фруктоза – левовращающимся. Это отмечается знаками «+» и «-» в скобках.

D-глюкоза может существовать в виде двух различных изомерных форм:  $\alpha$ -D-глюкозы и  $\beta$ -D-глюкозы, для которых оптическое вращение составляет соответственно  $+112,2^\circ$  и  $+18,7^\circ$ . Оба вещества выделены в чистом виде; оказалось, что они не различаются по своему элементарному составу. При растворении  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеров D-глюкозы в воде оптическое вращение меняется и достигает равновесного значения  $+52,7^\circ$ . Следовательно,  $\alpha$ - и  $\beta$ -изомеры D-глюкозы не являются структурами с открытой цепью, как показано на рисунке 4.2, а представляют замкнутые шестичленные кольца, образовавшиеся в результате реакции между спиртовой гидроксильной группой C5 и углеродом альдегидной группы C1. Такого типа шестичленные кольца сахаров называют пиранозами. Фуранозы образуются при взаимодействии кетогруппы с гидроксильной группой пятого углеродного атома.

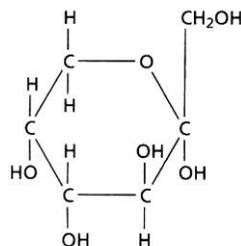
Превращение  $\alpha$ -глюкозы в  $\beta$ -глюкозу и, наоборот, сопровождается изменением угла вращения поляризованного луча света. Обычно глюкоза встречается в  $\alpha$ -форме. Каждый из 32 изомеров альдогексоз может находиться в  $\alpha$  и  $\beta$ -альдогексозах при своей циклизации.



$\alpha$ -D-глюкоза



$\beta$ -D-глюкоза



$\alpha$ -D-фруктоза

Форма гликозидной связи дисахаров, например, мальтозы является  $\alpha$ -гликозидо-1,4-глюкозой. Это означает, что она состоит из двух остатков молекул  $\alpha$ -глюкозы, соединенных между собой гликозидной связью, идущей от альдегидной группы (1) одного остатка глюкозы к спиртовой группе в положении второго остатка глюкозы. Целлобиоза – это  $\beta$ -гликозидо-1,4-глюкоза, она построена из молекул  $\beta$ -глюкозы и  $\alpha$ -глюкозы. Сахароза –  $\alpha$ -гликозидо-1,2- $\beta$ -фруктоза, построена из остатка молекулы  $\alpha$ -глюкозы и остатка молекулы  $\beta$ -фруктозы, соединенных между собой связью, идущей от альдегидной к кетонной группе.

Каждая кольцевая структура может находиться в двух изомерных формах, обозначаемых  $\alpha$  и  $\beta$ . Крахмал и гликоген являются полимерами из  $\alpha$ -форм, в то время как целлюлоза – полимер из  $\beta$ -форм.

### Свойства моносахаридов

Из-за присутствия активной альдегидной или кетонной групп, моносахариды действуют как редуцирующие вещества, т.е. обладают способностью восстанавливать ионы некоторых металлов, особенно меди и серебра в щелочном растворе. Альдегидная и кетонная группы могут также быть восстановлены химически или ферментатически с образованием соответствующих сахарных спиртов. Примеры окисленных и восстановленных продуктов даны в разделе «Производные моносахаридов».

### Гексозы

Глюкоза и фруктоза – наиболее важные естественно встречающиеся гексозные сахара, в то время как манноза и галактоза встречаются в растениях в полимерной форме как маннаны и галактаны.

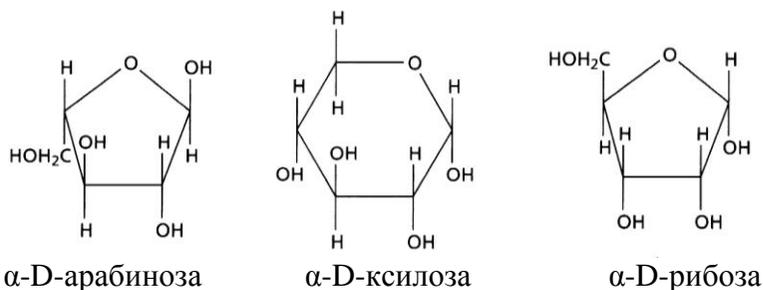
**D-глюкоза**, виноградный сахар, или декстроза существует в свободном состоянии, а также в комбинированной форме. Сахар находится в растениях, фруктах, меде, крови, лимфе и цереброспинальной жидкости и является единственным и главным компонентом многих олигосахаридов, полисахаридов и гликозидаз. В чистом состоянии глюкоза – белое кристаллическое вещество и, подобно всем сахарам, растворима в воде.

**D-фруктоза** – фруктовый сахар или ливулоза, находится в свободном состоянии в зеленых листьях, фруктах и меде. Она также есть в дисахариде сахарозе и во фруктанах. Зеленые листья, как правило, содержат значительное количество этого сахара как в свободном виде, так и в полимерных формах. Свободная фруктоза – это белое кристаллическое вещество, имеет более сладкий вкус, чем сахароза. Особенно сладкий вкусу меда благодаря этим сахарам. D-манноза – не встречается в свободном виде в природе, но существует в полимеризированной форме в маннанах, а также как компонент гликопротеинов. Маннаны широко распространены в дрожжах, грибах, бактериях.

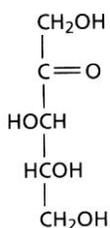
**D-галактоза** – не встречается в свободном виде в природе, за исключением, как продукт ферментации. Присутствует как компонент дисахарида лактозы, которая есть в молоке. Галактоза встречается также как компонент антоцианового пигмента в галактолипидах, смолах и растительных клеях.

### Пентозы

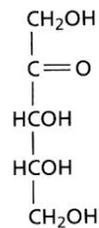
Наиболее значимыми членами этой группы простых сахаров являются альдозы: L-арабиноза, D-ксилоза и D-рибоза и кетозы: D-ксилулоза и D-рибулоза.



L-арабиноза встречается, как пентозан в арабианах. Она является компонентом гемицеллюлоз и найдена в силосе, как результат их гидролиза. Она является также компонентом гуммиарабика и других камедей клеточных выделений. D-ксилоза встречается в качестве пентозанов в ксиланах. Эти вещества образуют основные цепи в травяных гемицеллюлозах. Ксилоза и арабиноза образуются в значительных количествах в результате гидролиза растений нормальной серной кислотой. D-рибоза присутствует во всех живых клетках как компонент рибонуклеиновых кислот (РНК), она является также компонентом некоторых витаминов и коэнзимов.



D-ксилозула

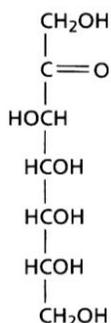


D-рибулоза

Фосфорные производные D-ксилозулы и D-рибулозы происходят как промежуточные продукты в пентозо-фосфатном метаболической пути.

### Гептозы

D-седогептулоза, важный пример моносахарида, содержащего 7 углеродных атомов и находится в виде фосфата как промежуточное вещество в пентозо-фосфатном метаболическом пути.

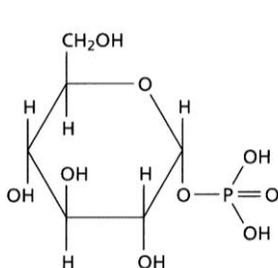


D-седогептулоза

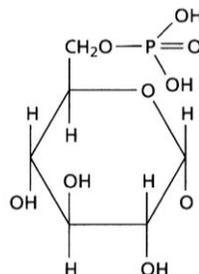
### Производные моносахаридов

#### Эфиры фосфорной кислоты

Эфиры фосфорной кислоты сахаров играют важную роль в широком количестве метаболических реакций в живом организме. Наиболее встречающиеся производные – это те, которые образуются из глюкозы, этерификация происходит при 1-ом или 6-ом углеродных атомах или обоих.



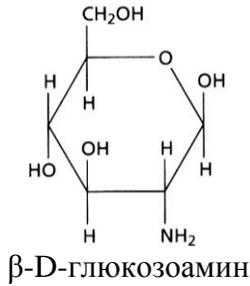
$\alpha$ -D-глюкоза-1-фосфат



$\alpha$ -D-глюкоза-6-фосфат

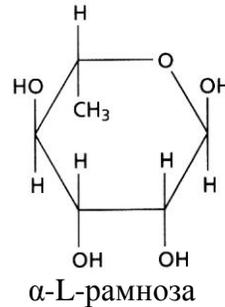
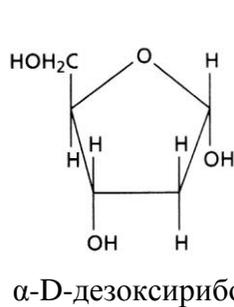
## Аминосакхара

Если гидроксильная группа на 2-ом углеродном атоме альдогексозы замещена аминогруппой (-NH<sub>2</sub>), в результате получаем аминосахар. Два таких натурально существующих важных соединений являются D-глюкозамин, главный компонент хитина, и D-галактозамин – компонент полисахарида хрящей.



## Дезоксисахара

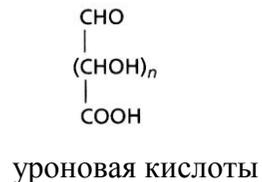
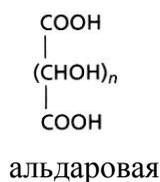
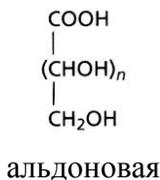
Замена гидроксильной группы на водород дает дезоксисахар. Производное рибозы дезоксирибоза является компонентом ДНК. Подобные дезоксипроизводные из двух гексоз, галактоз и манноз представлены как фукоза и рамноза соответственно. Они являются компонентами некоторых гетерополисахаридов.



## Сахарные кислоты

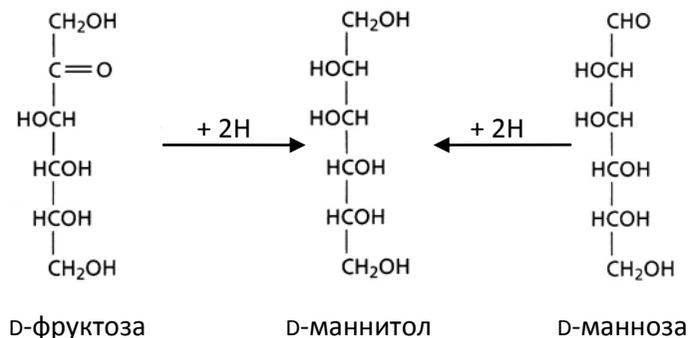
Альдозы могут окисляться и производить ряд кислот, из которых наиболее важные – альдоновая, альдаровая и уроновая кислоты.

В случае глюкозы производными, соответствующими этим формулам, являются глюконовая, глюкарная и глюкуроновая кислоты, соответственно. Уроновая кислота, в частности, происходит из глюкозы и галактозы, является важным компонентом ряда гетерополисахаридов.



## Сахарные спирты

Простые сахара могут быть восстановлены до спиртов; например, из глюкозы образуется сорбитол, из галактозы – дулцитол, в то время как манноза и фруктоза дают маннитол. Последние встречаются в травяных силосах и образуются в результате действия специфических анаэробных бактерий на фруктозу, присутствующую в траве.



## Гликозиды

Если водород гидроксильной группы, примыкающий к 1-ому атому углерода глюкозы, замещается путем этерификации и конденсации спиртом (включающим молекулу сахара) или фенолом, продукт, произведенный таким образом, называют гликозидом. Подобным образом галактоза образует галактозиды и фруктоза – фруктозиды. В целом термин «гликозиды» используют, чтобы описать эти производные и связи, как гликозидные связи.

Олигосахариды и полисахариды классифицируются, как гликозиды. Эти компоненты дают сахара и производные сахара при гидролизе. Некоторые натурально встречающиеся гликозиды содержат неуглеводные остатки. Например, нуклеозиды содержат сахар, связанный с гетероциклическим азотосодержащим основанием.

Цианогенные гликозиды освобождают токсичное вещество синильную кислоту (HCN) при гидролизе. Растения, содержащие такой тип гликозидов, являются потенциально вредными для животных. Гликозиды сами по себе не токсичны, однако отравление происходит в результате их гидролиза после поедания в организме животных. Гликозиды легко разрушаются на свои компоненты с помощью энзима, который обычно присутствует в растении. Примером цианогенного гликозида является линамарин, называемый также фазеолунатин, который есть в семенах фасоли лунообразной, льна и маниоки. Если сырую массу или кашку, содержащие эти корма, давать животным, то предварительно необходимо их прокипятить, чтобы инактивировать любые имеющиеся

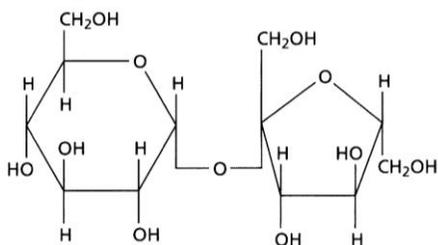
энзимы. При гидролизе линамарин дает глюкозу, ацетон и синильную кислоту.

### 4.3. Олигосахариды

**Дисахариды.** Наиболее важными дисахаридами, с точки зрения питания, являются сахароза, мальтоза, лактоза и целлобиоза, которые при гидролизе распадаются на две молекулы гексозы.



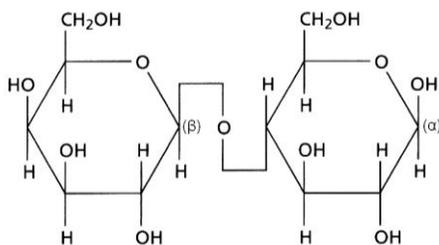
Сахароза состоит из одной молекулы  $\alpha$ -D-глюкозы и одной молекулы  $\beta$ -D-фруктозы, соединенных вместе через кислородную связь между 1-ым и 2-ым углеродными атомами. В результате сахароза не имеет никакой редуцирующей группы.



сахароза

Сахароза является наиболее распространенным и значимым дисахаридом в растениях, где она является главной транспортной формой углерода. Этот дисахарид найден в высокой концентрации в сахарном тростнике (200 г/кг) и в сахарной свекле (150-200 г/кг). Он также присутствует в других корнеплодах, таких как, кормовая свекла и морковь, во многих фруктах. Сахароза легко гидролизуется энзимом сахаразой или разбавленными кислотами. Когда ее нагревают до температуры 160°C, она образует ячменный сахар, а при температуре 200°C – карамель.

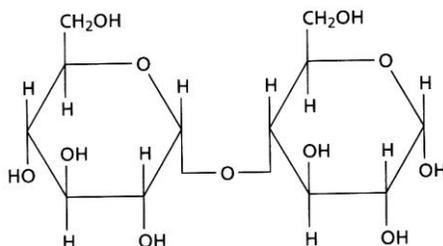
**Лактоза**, или молочный сахар, является продуктом молочной железы. Коровье молоко содержит 43-48 г лактозы в кг. Она не так растворима, как сахар и менее сладкая, придает легкий сладковатый вкус молоку. Лактоза образуется из первой молекулы  $\beta$ -D-глюкозы, присоединенной к одной молекуле  $\beta$ -D-галактозы в  $\beta$ -(1→4)-связи и имеет одну активную редуцирующую группу.



лактоза

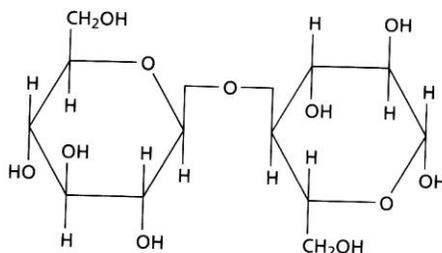
Лактоза легко ферментируется группой микроорганизмов, включая *Streptococcus lactis*. Этот организм ответственен за скисание молока путем превращения лактозы в молочную кислоту ( $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ ). Если лактозу нагреть до  $150^\circ\text{C}$ , она делается желтой, а при температуре  $180^\circ\text{C}$  сахар превратится в коричневое вещество, лактокарармель. При гидролизе лактоза дает одну молекулу глюкозы и одну галактозы.

**Мальтоза**, или мальтозный сахар, получают в процессе гидролиза крахмала и гликогена разбавленными кислотами или энзимами. Ее получают из крахмала в процессе прорастания ячменя под действием фермента амилазы. Ячмень после прорастания и высушивания известен как солод и используется в производстве пива и виски. Мальтоза водорастворима, но не такая сладкая, как сахароза. Структурно она состоит из двух  $\alpha$ -D-глюкозных остатков, связанных в  $\alpha$ -1,4 положении и имеет одну активную редуцирующую группу.



мальтоза

**Целлобиоза** не существует натурально, как свободный сахар, однако является основной повторяющейся единицей целлюлозы. Она состоит из двух  $\beta$ -D-остатков глюкозы, связанных через  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) связь. Эта связь не может быть разорвана пищеварительными энзимами млекопитающих, но может быть разорвана микробными энзимами. Подобно мальтозе, целлобиоза имеет одну активную редуцирующую группу.



целлобиоза

## Трисахариды

**Раффиноза и кетоза** являются значимыми, естественно встречающимися трисахаридами. Они обе являются нередуцирующими и при гидролизе дают три молекулы гексозных сахаров:  $C_{18}H_{32}O_{16} + 2H_2O \rightarrow 3C_6H_{12}O_6$ . Раффиноза является самым большим членом группы, встречается в наибольшем количестве в сахарной свекле и накапливается в меляссе при производстве сахара. В кг семян хлопка содержится 80 г раффинозы. При гидролизе этот сахар дает глюкозу, фруктозу и галактозу.

Кетоза и ее изомер изокетоза встречается в частях растений и семенах трав. Эти два трисахарида состоят из остатка фруктозы, присоединенного к молекуле сахарозы.

## Тетрасахариды

Состоят из 4 моносахаридных остатков. Стахиоза - член этой групп, она часто встречается в растениях, как и раффиноза, была выделена из 165 видов растений. Она является нередуцирующим сахаром и при гидролизе распадается на две молекулы галактозы, одну молекулу глюкозы и одну фруктозы:



## 4.4. Полисахариды

### Гомогликаны

Эти углеводы сильно отличаются от сахаров. Большинство из них являются высокомолекулярными, состоят из большого числа однородных пентозных или гексозных остатков. Гомогликаны не дают сахарных реакций, характерных для альдоз и кетоз. Многие из них есть в растениях, или в качестве резервных продуктов, таких как крахмал, или структурных материалов, таких как целлюлоза.

**Арабинаны и ксиланы.** Они являются полимерами, состоящими из арабинозы и ксилозы, соответственно. Хотя известно, что гомогликаны состоят в основном из этих двух пентоз, обычно их находят в комбинации с другими сахарами, как составные части гетерогликанов.

### Глюканы

**Крахмал** является глюканом, присутствующим во многих растениях, как резервный углевод. Больше всего его в семенах, фруктах, клубнях и корнеплодах. В естественном состоянии крахмал находится в форме гранул, размер и формы которых различаются у разных растений. Гранулы построены концентрическими слоями и, хотя глюкан является главным компонентом гранул, они также содержат незначитель-

ное количество белка, жирных кислот и фосфорных веществ, которые могут влиять на свойства крахмала.

Крахмалы различаются по своему химическому составу и, за редким исключением, являются смесью двух структурно разных полисахаридов – амилозы и амилопектина. Их соотношение в натуральных крахмалах зависит от источника, хотя в большинстве крахмалов амилопектин является главным компонентом, он составляет 70-80% от общего количества крахмала. Важным качественным тестом для крахмала является реакция с йодом: амилоза дает темно-синее окрашивание, амилопектин – сине-фиолетовое или пурпурное.

Амилоза в основном является линейной по структуре из  $\alpha$ -D-глюкозных остатков, связанных через 1-ый углеродный атом одной молекулы и 4-ый углеродный атом соседней молекулы. Небольшое количество  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6)-связей также может быть. Амилопектин имеет похожую на куст структуру, содержащую в основном  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4)-связи и некоторое количество  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6)-связей.

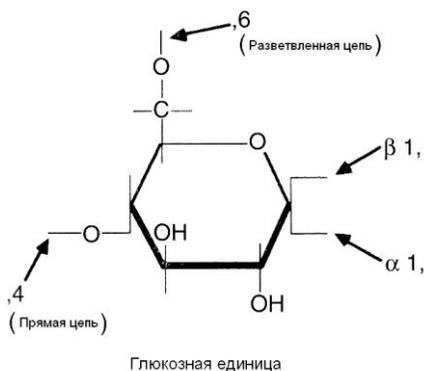


Рисунок 4.3 – $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) – прямая связь глюкозы и  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6) – разветвленная цепь амилопектина

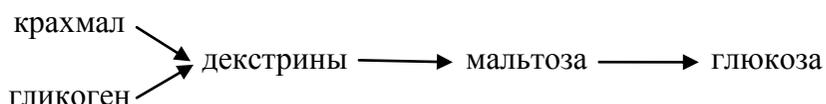
Гранулы крахмала нерастворимы в холодной воде, однако, когда суспензию в воде нагревают, гранулы крахмала картофеля набухают, но не разрываются. Животные потребляют много крахмала зерна и корнеплодов.

**Гликоген** – термин для описания группы высоко разветвленных полисахаридов, выделенных из животных и микроорганизмов. Гликогены присутствуют в печени, мускулах и других органах животных. Они являются глюканами, аналогичными по структуре амилопектину, их относят к животным крахмалам. Гликоген является главным запасным углеводным продуктом в теле животных и играет важную роль в энергетическом обмене.

Молекулярная масса молекулы гликогена варьирует значительно в зависимости от вида животных, типа ткани и органа, физиологического состояния животных. Гликоген печени крысы, например, имеет мо-

лекулярную массу в пределах от 1 до  $5 \times 10^8$ , в то время как в мускулах крыс молекулярная масса гликогена чаще ниже  $5 \times 10^6$ .

**Декстрины** – промежуточные продукты гидролиза крахмала и гликогена



Декстрины растворимы в воде, и подобные растворы дают клей. Более высокое количество этих промежуточных продуктов образует красное окрашивание с йодом, в то время как при меньшем количестве окрашивания не происходит.

**Целлюлоза** – наиболее распространенный полимер в растительном царстве, он формирует прочную структуру клеточных стенок. Он также найден в почти чистом виде в хлопковом волокне. Чистая целлюлоза является гомогликаном с высокомолекулярной массой, состоящей из повторяющихся единиц целлобиозы. В ней  $\beta$ -глюкозные остатки находятся в 1,4-связях.

В растении цепи целлюлозы формируются в последовательной манере, что производит компактные структуры (микрофибрилы), которые соединены с помощью как меж-, так и внутримолекулярных водородных связей. В клеточной стенке растений целлюлоза плотно ассоциирована физически и химически с другими компонентами, особенно с гемицеллюлозами и лигнином.

**Каллоза** – общий термин для этой группы полисахаридов, состоящих из  $\beta$ -(1,3) и часто  $\beta$ -(1,4) связанных глюкозных остатков. Эти  $\beta$ -глюканы встречаются в высших растениях как компоненты специальных стенок в определенные стадии развития. Большая часть эндоспермовых клеточных стенок зерна злаков состоит из  $\beta$ -глюканов этого типа. Они также выделяются высшими растениями в ответ на раны и инфекции.

## Фруктаны

Они встречаются в качестве резервных материалов в корнях, стеблях, листьях и семенах разных растений, особенно в сложноцветных и злаковых. Фруктаны найдены в отдельных видах злаковых.

Эти полисахариды растворимы в холодной воде и имеют относительно невысокую молекулярную массу. Все известные фруктаны содержат остатки  $\beta$ -D-фруктозы, соединенные через 2,6 или 2,1 связи. Их можно разделить на три группы: а) группа, характеризующаяся 2,6 связями; б) группа инулина, содержащая 2,1 связи; в) группа разветвленных фруктанов, найденная, например, в траве пырей и эндосперме пшеницы. Эта группа содержит оба типа связей.

Большинство фруктанов при гидролизе дают помимо D-фруктозы небольшое количество D-глюкозы, которые выходят из сахарозы, имеющейся в конце молекулы фруктана.

### **Галактаны и маннаны**

Это полимеры, состоящие из галактозы и маннозы, соответственно, обнаруживаются в стенках клеток растений. Маннан – главный компонент клеточных стенок семян пальмы, где он находится в качестве пищевого резерва и исчезает при прорастании. Богатым источником маннана является эндосперм орехов слоновой пальмового дерева из Южной Америки (*Phytelephas macrocarpa*). Твердый эндосперм этого ореха известен как растительная слоновая кость. Семена многих бобовых, включая клевер и люцерну, содержат галактаны.

### **Глюкозамины**

**Хитин** является единственным примером гомогликана, содержащего глюкозамин, будучи линейным полимером ацетил-D-глюкозамина. Хитин широко распространен у низших животных, в частности у ракообразных, в грибах и некоторых водорослях. По-видимому, после целлюлозы, это наиболее распространенный в природе полисахарид.

### **Гетерогликаны**

**Пектиновые вещества.** Пектиновые вещества – это группа тесно сцепленных полисахаридов, которые растворимы в горячей воде и существуют как компоненты первичных клеточных стенок и межклеточных участков высших растений. Больше всего их находится в мягких тканях, коже цитрусовых и свекловичном жоме. Пектин, главный член этой группы, состоит из линейных цепей, образованных молекулами D-галактуроновой кислоты, в которых разные количества кислых групп присутствуют как метильные эфиры. Цепи чередуются через интервалы включением остатков L-рамнозы. Другие составляющие сахара, например D-галактоза, L-арабиноза, D-ксилоза, примкнуты как боковые цепи. Пектиновая кислота является другим членом этого класса соединений; она по структуре сходна с пектином, но лишена эфирных групп. Пектиновые вещества обладают сильным гелевым свойством, используются в пищевой промышленности для изготовления джемов.

### **Гемицеллюлозы**

Гемицеллюлозы определяются как щелочерастворимые полисахариды клеточных стенок, которые плотно связаны с целлюлозой. Название «гемицеллюлоза» (полуцеллюлоза) является ошибочным, поскольку под этим названием подразумевается, что она является мате-

риалом, предназначенным для превращения в целлюлозу. Структурно гемицеллюлозы состоят в основном из единиц D-глюкозы, D-галактозы, D-маннозы, D-ксилозы и L-арабинозы в разных комбинациях и с разными гликозидными связями. Они могут также содержать уроновые кислоты. Гемицеллюлозы из трав содержат главную цепь из ксилана, составленную из  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-связанных единиц D-ксилозы с боковыми цепями, содержащими метил-глюкуроновую кислоту и часто глюкозу, галактозу и арабинозу.



Рисунок 4.4 –  $\beta$ -1 связи гемицеллюлоз, фруктанов и пектинов

**Эксудативные клеи** (смолы, слизи) и кислотные муцилаги. Эксудативные смолы часто получают из ран у растений, хотя они могут возникать как естественные эксудаты из коры и листьев. Смолы встречаются как соли, особенно кальциевые и магниевые, в некоторых случаях часть гидроксильных групп эстерифицированы, обычно как ацетаты. Гуммиарабик (смолистые выделения из акаций) является давно известным веществом; при гидролизе получают арабинозу, галактозу, рамнозу и глюкуроновую кислоту. Кислые клеи получают из коры, корней, листьев и семян разных растений. Слизь из семян льна – хорошо известный пример, который при гидролизе дает арабинозу, галактозу, рамнозу и галактоуроновую кислоту

### Гиалуроновая кислота и хондроитин

Эти два полисахарида имеют повторяющиеся единицы, состоящие из аминсахаров и D-глюкороновой кислоты. Гиалуроновая кислота, которая содержит ацетил-D-глюкозамин, присутствует в коже, синовиальной жидкости и пупочной связке. Растворы этой кислоты являются вязкими и играют важную роль в смазывании суставов. Хондроитин химически сходен с гиалуроновой кислотой, но содержит галактозамин вместо глюкозамина. Сульфатные эфиры хондроитина являются главными структурными компонентами хрящей, сухожилий и костей.

#### Проверочные вопросы:

1. Из каких элементов состоят углеводы?
2. Основные классификационные группы углеводов.
3. Какие углеводы относят к моносахарам, их химические и биологические свойства.

4. В какой класс углеводов входят гликозиды, распространенность гликозидов в кормах.
5. Олигосахариды, их химические и биологические свойства.
6. Полисахариды, структура, распространенность в природе, химические и биологические свойства.
7. Химическая структура и пищевые свойства крахмала.
8. Строение гликогена, его значение в организме животных.
9. Химическая структура, распространенность в природе, биологическая роль целлюлозы и гемицеллюлозы.
10. Пектиновые вещества, содержание в зерновых кормах, влияние на переваримость.

#### **Литература**

1. Биологический энциклопедический словарь. / гл. редактор М. С. Гиляров. – 2-е изд.исправл. - М.: Советская энциклопедия, 1989. – 864 с.
2. Ленинджер А. Биохимия. / пер. с англ. под ред. акад. А. А. Баева. - М.: Изд-во «Мир», 1974. - 957 с.
3. Кнорре Д. Г. Биологическая химия. / Д. Г. Кнорре, С. Д. Мызина. - М.: Высшая школа, 1998. – 479 с.
4. Хелдт Г.-В. (Hans-Walter Heldt). Биохимия растений. Перевод с английского, под ред. профессора А.М.Носова, профессора В.В.Чуб. Москва БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 471 с.

## Глава 5. Жиры (липиды)

### 5.1. Классификация липидов

Термин «липиды» (lipide с лат.) означает жиры и масла. Липиды представляют собой органические соединения, содержащиеся в растительных и животных тканях, это маслянистые жирные вещества, растворимые в органических растворителях, например, в бензоле, эфире или хлороформе, и нерастворимые в воде. Жиры называются «гидрофобными» веществами, т.е. нерастворимыми в воде, в отличие от растворимых или смачивающихся в воде, т.е. гидрофильных веществ. В зоотехническом анализе кормов все виды липидов определяются, как сырой жир или эфирный экстракт (см. главу I). Существуют различные классы липидов, которые перечислены на рисунке 5.1.

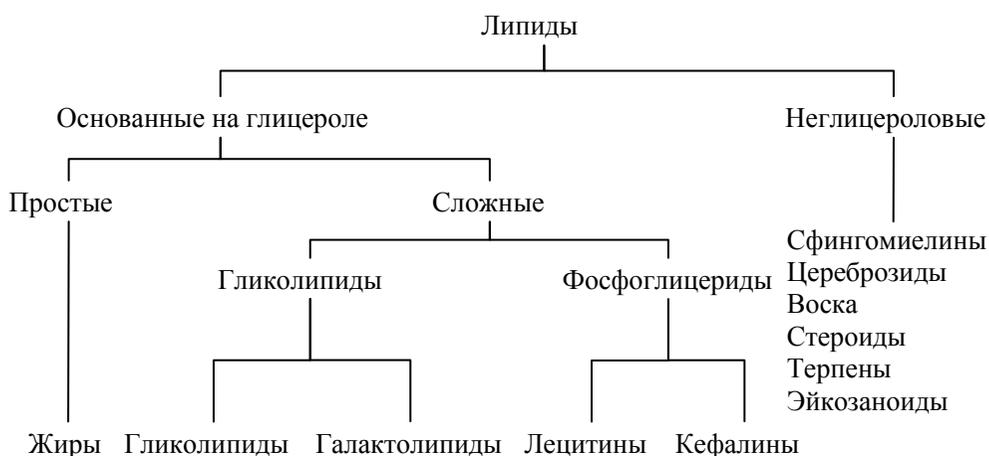


Рисунок 5.1. – Классификация липидов

### 5.2. Структурные и запасные липиды

**Растительные** липиды бывают двух типов: **структурные** и **запасные**. Структурные входят в состав клеточных мембран (плазмолемм) с одной стороны, с другой образуют поверхностный защитный слой на листьях. Они составляют около 7% массы листьев высших растений. Поверхностные липиды – это, главным образом, воска, при незначительном количестве, жирных кислот и кутина. Мембранные липиды, присутствующие в митохондриях, эндоплазматическом ретикулуме и плазматических мембранах, являются, в основном, гликолипидами (40-50%) и фосфоглицеридами. Растительные запасные липиды присутствуют в орехах и семенах масличных в виде триацилглицеридов (триацилглицеролов).

Более 300 разных жирных кислот обнаружены в растениях, однако только 7 из них обычно входят в состав растительных масел. Наиболее распространена  $\alpha$ -линоленовая кислота; из насыщенных – пальмитиновая, ненасыщенных – олеиновая кислоты.

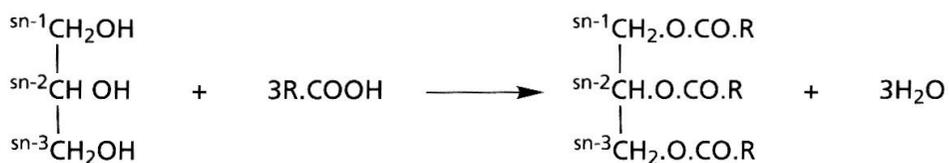
Структурные липиды животных тканей – это, главным образом, фосфолипиды, составляют от 0,5 до 1% в мускульной и жировой ткани: их концентрация в печени 2-3%. Наиболее важные неглицеридные нейтральные липиды – это холестерол (холестерин) и его эфиры, общее количество которых в мускульной и жировой ткани составляет от 0,06 до 0,09%.

Запасные жиры и масла, как в растениях, так и у животных являются источниками запасаемой энергии. Оба имеют одинаковую химическую структуру, но разные химические и физические свойства. Точка плавления растительных масел близка к комнатной температуре, они обычно жидкие и более реактивные, чем твердые жиры, свойственные большинству видов животных.

Главной функцией жиров у животных является обеспечение энергией. Жир также необходим как жировой изолятор (моржи, тюлени), как источник тепла для поддержания температуры тела. Это особенно важно для животных, которые рождаются без волосяного покрова, для животных в зимней спячке и животных, легко охлаждающихся. К последним относятся новорожденные поросята. Также животные имеют специальные отложения «коричневого (бурого) жира», окисляемого в организме до АТФ, энергия которого полностью реализуется в виде тепла. Выход энергии при полном окислении составляет 39 МДж/кг жира. Содержание жира в теле откормочных свиней, бычков достигает 30-40%.

### 5.3. Структура и химические свойства липидов

Жиры являются эфирами жирных кислот и трехатомного спирта глицерола (для спиртов принято окончание **ол** – этанол, метанол, глицерол), их называют глицеридами или ацилглицеролами. Если все три спиртовые группы этерифицированы жирными кислотами, то такое соединение называется триацилглицеролом (триглицеридом). В нашей литературе используют термин триглицериды, но Международная номенклатурная комиссия рекомендовала отказаться от этого названия как химически неточного.



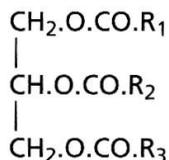
Глицерол

Жирная кислота

Триацилглицерол(триглицерид)

Важно отметить, что позиции, занимаемые цепями кислот не идентичны. В системе стереоспецифической нумерации позиции обозначаются sn-1, sn-2 и sn-3, как показано выше (их можно обозначать соответственно просто цифрами 1, 2, 3 или по греческому алфавиту  $\alpha$  – альфа,  $\beta$  – бета,  $\omega$  – омега). Они легко различаются ферментами, и это может приводить к предпочтительной реакции при какой-либо одной или большем числе позиций. Фосфорилирование, например, всегда происходит в месте углеродного атома в sn-3, чем у углеродного атома sn-1. Липиды, в основном, существуют в виде триацилглицеролов; моно- и диацилглицериды встречаются в естественных материалах в очень небольшом количестве.

Триацилглицеролы различаются по типу в зависимости от вида и положения остатков жирных кислот в молекуле. Триацилглицеролы с тремя остатками одной и той же жирной кислоты называются **простыми**, когда разные жирные кислоты присутствуют, тогда триацилглицеролы называют **смешанными** или разнородными.

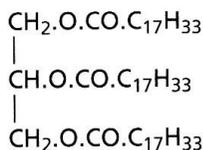


Смешанный триацилглицерол

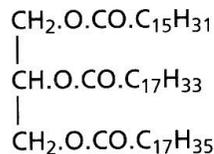
Например, соевое масло содержит почти 79% смешанных и 21% простых триацилглицеролов, льняное масло 75 и 25%, соответственно.

Если жирными кислотами этерифицированы две гидроксильные группы глицерола, такое соединение называют диацилглицеролом, если одна группа – моноацилглицеролом.

Триацилглицеролы называют в соответствии с названием входящих в их состав жирных кислот, например:

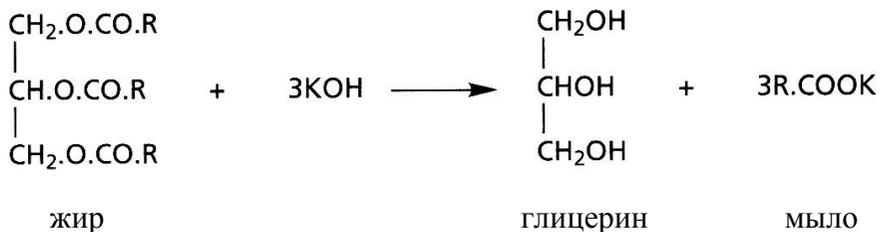


Триолеилглицерол (триолеин)



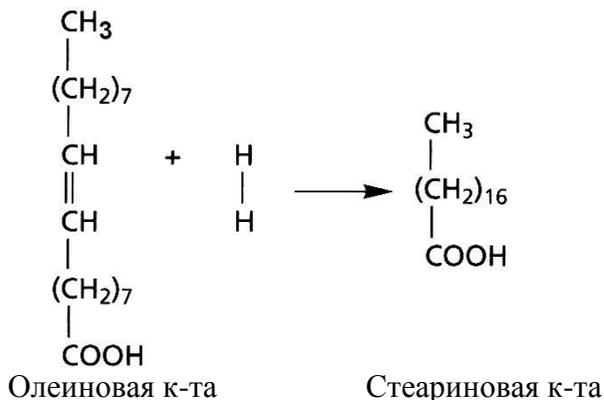
1-пальмитоил 2-олеоил 3-  
стеароилглицерол  
(пальмито-олеостеарин)

**Гидролиз жиров.** Жиры могут быть гидролизованы путем кипячения с щелочами; в результате получают глицерол и водорастворимые щелочные соли жирных кислот (мыла). Такой гидролиз называется омылением:



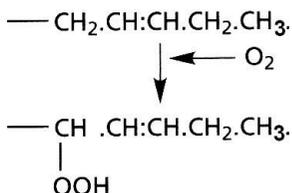
Триацилглицеролы подвергаются гидролизу с освобождением глицерола и жирных кислот под воздействием энзимов, называемых липазами, которые секретируются в тонкий кишечник из поджелудочной железы.

**Гидрогенизация.** Триацилглицеролы, содержащие много ненасыщенных жирных кислот, которые находятся в жидкой форме при комнатной температуре, могут быть превращены в твердую форму путем гидрогенизации их двойных связей, например, олеиновая кислота превращается в стеариновую:



Этот процесс широко применяется для превращения жидких растительных масел в маргарин.

**Окисление.** Ненасыщенные жирные кислоты быстро подвергаются окислению у углеродного атома, примыкающего к двойной связи с образованием гидропероксидов:

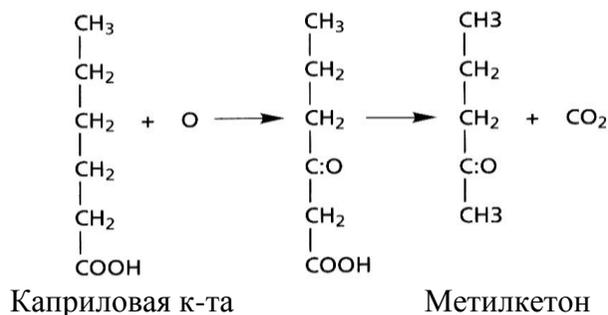


Эти разрушения приводят к образованию продуктов с более короткой цепочкой, включая свободные радикалы, которые взаимодействуют с другими жирными кислотами, при этом более легко, чем в нача-

ле оксидации. Чем больше образуется свободных радикалов, тем быстрее нарастает оксидация. Обычно концентрация свободных радикалов становится столь значительной, что они реагируют друг с другом, и реакция прекращается. Такая реакция называется автокаталитической, в случае с жирами – самооксидацией. Образование свободных радикалов ускоряется ультрафиолетовым освещением и ионами металлов, в частности, меди, их присутствие резко повышает скорость окисления.

Продукты окисления включают короткоцепочечные жирные кислоты, полимеры жирных кислот, альдегиды (алканы), кетоны, эпокси-ды и углеводороды. Кислоты и алканы являются основными веществами, дающими запахи окисленных жиров, и значительно ухудшают их вкус.

Оксидация насыщенных жирных кислот приводит к образованию запаха тяжелого вкуса и вкуса кетонной прогорклости. Это обусловлено присутствием метиловых кетонов, образующихся в результате оксидации:



Подобные реакции, происходящие в результате липолиза, вызванного плесенью, ответственны за характерные запахи различных мягких голубых сыров.

**Антиоксиданты.** Натуральные жиры обладают устойчивостью, в определенной степени, к оксидации, благодаря добавлению антиоксидантов, которые припятствуют оксидации ненасыщенных жиров до тех пор, пока сами не превратятся в инертные вещества. Ряд веществ имеет антиоксидантные свойства, включая фенолы, хиноны, токоферолы, галловую кислоту и галлаты.

Пропил-, актил- или додецил-галлат, бутиловый гидроксианизол, бутиловый гидрокситолуол и этоксихинон добавляют в пищевые масла в установленных количествах. Другие вещества, такие как синтетические  $\alpha$ -,  $\gamma$ - и  $\beta$ -токоферолы и различные производные аскорбиновой кислоты можно использовать без ограничений.

Самым значимым естественно существующим антиоксидантом является витамин **Е**, который защищает жир путем присоединения свободных радикалов. Возможны случаи окисления жира в рационах, в которых витамин **Е** присутствует в ограниченном количестве.

## 5.4. Жирные кислоты

Большинство жирных кислот содержит одну карбоксильную группу (-COOH) и неразветвленную углеродную цепочку, которая может быть насыщенной и ненасыщенной. Ненасыщенные жирные кислоты содержат или одну (моноеновая), две (двуеновая), три (триеновая) или много (полиеновая) двойные связи. Жирные кислоты с более чем одной двойной связью, чаще всего, относят к полиненасыщенным жирным кислотам (ПНЖК). Ненасыщенные кислоты приобретают разные физические и химические свойства в результате насыщения; они имеют более низкую точку плавления и становятся химически более реактивными.

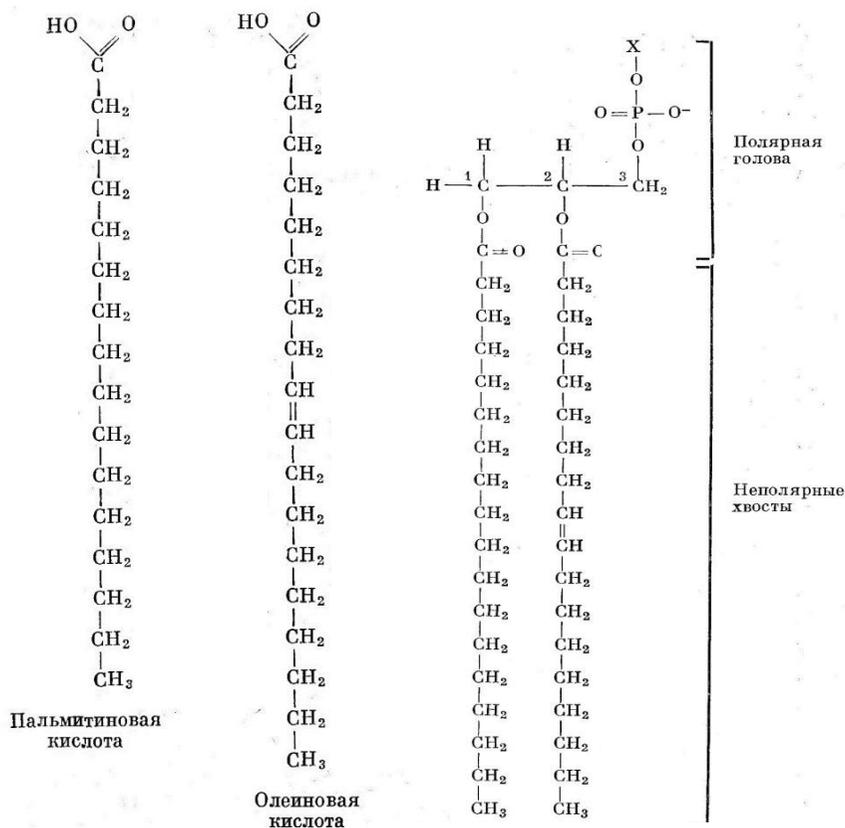
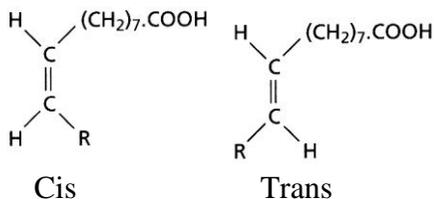


Рисунок 5.2 – Примеры полной химической структуры жирных кислот: насыщенная пальмитиновая, ненасыщенная олеиновая и фосфоглицерол (справа)

**Цис- и транс- формы жирных кислот.** Присутствие двойной связи в молекуле жирной кислоты означает, что она может быть в двух формах, в зависимости от пространственного расположения атомов водорода относительно углеродных атомов, участвующих в двойной связи. Когда атомы водорода находятся на одной и той же стороне двойной

связи, то говорят, что кислота находится в **цис** форме (**cis**), когда же говорят, что кислота находится в **транс** форме (**trans**), это значит, что атомы водорода находятся на противоположных сторонах двойной цепи:



Большинство натурально существующих жирных кислот находятся в цис- конфигурации.

Кислоты в жирах обычно имеют равное число углеродных атомов. Наиболее часто встречающиеся жирные кислоты в жирах (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Жирные кислоты натуральных жиров и масел

Кислота	Формула		Молекулярная масса	Точка плавления, °С
	Эмпирическая	структурная		
<b>Насыщенные</b>				
Каприловая	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$	144,21	16,5
Каприновая	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$	172,26	31,4
Лауриновая	$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	200,31	43,6
Миристиновая	$\text{C}_{14}\text{H}_{28}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	228,36	53,9
Пальмитиновая	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	256,42	63,1
Стеариновая	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	284,47	70,5
<b>Ненасыщенные</b>				
Пальмитоолеиновая	$\text{C}_{16}\text{H}_{30}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	254,4	0,5
Олеиновая	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	282,45	14,5
Линолевая	$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	280,45	-5
Линоленовая	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	278,44	-11
Арахидоновая	$\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2$	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	304,47	-49,5

### 5.4.1. Незаменимые жирные кислоты

Три полиненасыщенные жирные кислоты, которые считаются незаменимыми для свиней и крыс: линолевая  $\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$ , линоленовая  $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$ , арахидоновая  $\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2$

Эти кислоты содержат характерную группу –  $\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$ , представляющую собой две двойные связи, разделенные метиленовой группой.

В 1930 году было установлено, что линолевая кислота эффективно предотвращает болезненные симптомы у крыс на рационе при полном исключении жира. Отсутствие в диете жира приводило к слабому

росту и поражению кожи, плохому воспроизводству и лактации, в дальнейшем – к гибели животного.

#### **Симптомы дефицита незаменимых жирных кислот:**

1. Ухудшение роста
2. Повышенная потеря воды и повышенное потребление воды
3. Повышенная восприимчивость к инфекционным заболеваниям
4. Половая стерильность
5. Снижение прочности биомембран
6. Хрупкость капилляров
7. Поражение почек, гематурия и гипертензия
8. Снижение остроты зрения
9. Пониженная сокращаемость миокарда
10. Пониженный синтез АТФ в печени и сердце
11. Пониженное отложение азота

Эти симптомы могут измениться при введении в рацион небольшого количества незаменимых жирных кислот. Арахидоновая кислота образуется в печени млекопитающих животных и птиц из линолевой кислоты, поэтому арахидоновую кислоту необходимо вводить в рацион, если нет линолевой кислоты. Как и другие полиненасыщенные жирные кислоты, арахидоновая кислота образует часть структурных липидов клеточных мембран и является материалом для биосинтеза простагландинов и тромбоксанов, гормоноподобных веществ, которые регулируют множество различных функций, в частности, в репродуктивных органах людей и животных: свертывание крови, сокращение мускулов и иммунные реакции. Так как линолевая кислота обычно содержится в высоких концентрациях в фосфоглицеридах центральной и периферической нервной системы, тем самым она играет жизненно важную роль.

Незаменимые жирные кислоты необходимы для свиней, цыплят, телят и коз. Только линолевая кислота является важным питательным веществом для цыплят. В рационах на практике очень редко встречается дефицит незаменимых жирных кислот. Увеличение их количества выше норм нежелательно из-за восприимчивости полиненасыщенных кислот к окислению.

В качестве руководства следует рассматривать, что общая потребность животных в незаменимых жирных кислотах (НЖК) составляет 3% от потребности в энергии, в частности, в линолевой кислоте.

#### **Жирнокислотный состав животных и растительных жиров**

Состав жиров, находящихся в организме животного, зависит от вида животных и отличается в различных тканях; на состав жира, в некоторой степени, оказывает влияние рацион. Жиры растений, рыбы и

птиц более ненасыщены, чем жиры млекопитающих животных (табл. 5.2 и 5.3). Например, подкожный жир содержит больше насыщенных жирных кислот, чем жир печени этих же видов животных.

Таблица 5.2 – Состав (%) жира у некоторых видов животных

Показатели	Насыщенные жирные к-ты		Ненасыщенные жирные к-ты			Консистенция
	C <sub>14</sub> и менее	C <sub>16</sub> +C <sub>18</sub>	Олеиновая	Линолевая +линоленовая	C <sub>20</sub> и более	
Рыбий жир		11-15		20	50	жидкая
Куриный жир		25	40	25-30		мягкая
Свиной жир		35	50	5-7		мягкая
Молочный жир	15	30-40	35	0,5		мягкая
Говяжий жир		50	35	0,5		твердая

Таблица 5.3. - Состав (%) масла в семенах

Показатели	Насыщенные жирные кислоты		Ненасыщенные жирные кислоты			Консистенция
	C <sub>14</sub> и менее	C <sub>16</sub> +C <sub>18</sub>	Олеиновая	Линолевая	Линоленовая	
Масло семени льна		6-16	13-36	10-25	30-50	жидкая
Масло сои		7-10	23-30	50-60	5-9	жидкая
Масло семян подсолнечника		6-15	20-50	30-60		жидкая
Масло кокосового ореха	80	11	5-7			твердая
Масло семени хлопчатника		24-29	15-20	49-57		жидкая

## 5.5. Сложные липиды

Сложные липиды – это эфиры жирных кислот, содержащие гидрофильные полярные группы (азотистое основание, сахара, фосфорную кислоту) в дополнение к гидрофобным остаткам жирных кислот и спиртам. Эта группа липидов, также называемая полярными липидами, включает в себя фосфолипиды, сфинголипиды, гликолипиды и липопротеины.

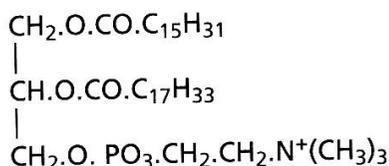
**Фосфолипиды.** Основная роль фосфолипидов состоит в качестве составного компонента биологических мембран. Их много в сердце, почках, нервной ткани. Миелин аксона нейронов содержит до 55% фосфолипидов. Яйца являются богатым источником фосфолипидов. Много их в соевых бобах.

**Фосфоглицериды** – эфиры глицерина, в которых две гидрофильные группы глицерина этерифицируются жирными кислотами с длинной цепью, третья группа этерифицируется фосфорной кислотой, фосфоглицериды обычно относят к фосфатидам (рис. 5.2).

Наиболее часто встречающиеся у животных и в растениях фосфолипиды – лецитины, кефалины, сфингомиелины, фосфоглицериды. Благодаря наличию гидрофильной фосфатной группы и цепей гидро-

фобных жирных кислот в одной и той же молекуле, фосфолипиды эмульгируют и выполняют важные функции при транспорте липидов в кровь и являются компонентом клеточных мембран животных. Они содержат больше ненасыщенных жирных кислот, чем триглицериды жировой ткани. Липиды сои также содержат лецитин. Лецитин, выделенный из сои, используется в качестве эмульгатора в заменителях цельного молока для телят. Фосфоглицериды – это белые восковидные вещества, которые превращаются в коричневое вещество при экспозиции на воздухе, благодаря окисдации с последующей полимеризацией. В воде фосфоглицериды практически не растворяются. В организме животных они гидролизуются ферментами фосфолипазами.

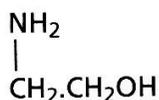
**Лецитины.** В лецитине фосфорная кислота также этерифицируется азотистым основанием холином. Основная формула лецитина:



Лецитин (1,2-диацилглицеро-3фосфорилхолин)

Остатки жирной кислоты при *sn*-1 чаще всего бывает пальмитиновая или стеариновая кислота, при *sn*-2- олеиновая, линолевая или линоленовая кислоты.

**Кефалины** отличаются от лецитинов наличием этаноламина вместо холина, и более точно называются фосфатидилэтанолaminaми. Этанолaмин имеет такую формулу:



Жирные кислоты при *sn*-1 являются такими же, как у лецитина, однако, при *sn*-2 находятся ненасыщенные, главным образом, линоленовая, эйкозатриеновая и докозагексаеновая.

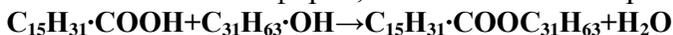
**Сфингомиелины** относятся к большой группе сфинголипидов, которые имеют сфингозин вместо глицерола, в качестве основного вещества. Они отличаются от цереброзидов наличием боковой гидроксильной группы, связанной с фосфорной кислотой вместо сахарного остатка. Фосфорная кислота этерифицируется или холином, или этаноламином. Сфингомиелины имеют также аминогруппу, связанную с карбоксильной группой длинной цепи жирной кислоты с помощью пептидной связи:



Подобно лецитинам и кефалинам, сфинголипиды являются поверхностно – активными веществами и важными компонентами мембран, в частности, в нервной ткани. Они могут составлять до 25% общих липидов в миелиновых оболочках, которые защищают нервные клетки.

**Воска.** Это простые липиды, состоящие из жирных кислот с длинной цепью, этерифицированные с одноатомным спиртом с высокой молекулярной массой. При обычной температуре они представляют твердые вещества, плохо усваиваемые животными и не имеющие питательной ценности. Воска являются защитной оболочкой в растениях и животных; шерстный покров и перья предохраняются от воды благодаря гидрофобной природе воскового покрытия. В восках присутствуют обычные и жирные кислоты с высоким числом углеродных атомов: карнаубовая ( $\text{C}_{23}\text{H}_{47}\cdot\text{COOH}$ ) и меллиссиловая ( $\text{C}_{30}\text{H}_{61}\cdot\text{COOH}$ ), в составе восков – спирты карнаубиловый ( $\text{C}_{24}\text{H}_{49}\cdot\text{OH}$ ) и цетиловый ( $\text{C}_{16}\text{H}_{33}\cdot\text{OH}$ ).

Среди хорошо известных восков следует назвать пчелиный воск, который состоит из пяти эфиров, главный из них мирисил – пальмитат:



Кроме того, хорошо известный воск ланолин, получаемый из жира овец, а также спермацет – продукт морских животных.

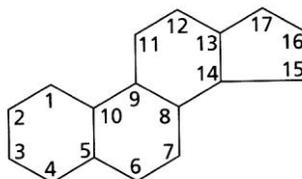
В растениях воска входят в кожистую оболочку листьев, где они образуют матрикс, в который включены кутин и суберин. Термин «воск» используется здесь в объединенном смысле, и, хотя истинные воска есть, однако, в значительной степени они представляют собой сложную смесь веществ.

Кутин является смесью полимеров из  $\text{C}_{16}$  и  $\text{C}_{18}$  мономеров, обычно 16- гидроксипальмитиновой и 10,16-дигидроксипальмитиновой кислот. Фенольные вещества, такие как пара-кумариновая и феруловая кислоты обычно присутствуют, но в небольшом количестве. Главными алифатическими компонентами являются  $\omega$ - гидроксикислоты, дикарбоксильные кислоты, очень длинноцепочные кислоты и спирты. Имеется также значительное количество фенольных веществ, в основном, р-кумариновая кислота, формирующих фенольную оболочку. Как кутин,

так и суберин являются очень устойчивыми к разрушению веществами и питательной ценности не имеют.

## 5.6. Стероиды

Стероиды включают такие важные биологические вещества, как стеролы, желчные кислоты, половые гормоны и гормоны надпочечников. Общей структурной единицей у них является пенантреновое ядро, связанное с циклопентановым кольцом.



Пенантренное ядро                      Циклопентановое кольцо  
Основная структурная единица стероидов.

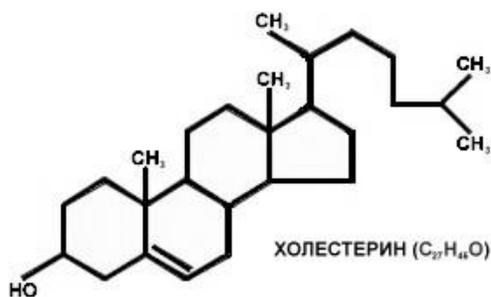
Разные стероиды различаются числом и положением двойных связей, а также особенностью боковой цепи при 17-ом углеродном атоме.

**Стероиды** имеют от восьми до десяти углеродных атомов в боковой цепи и спиртовую группу при 3-ем углеродном атоме, но никаких карбонильных или карбоксильных групп. Стероиды можно классифицировать на:

- растительные фитостеролы;
- микостеролы грибного происхождения;
- зоостеролы животного происхождения.

Фитостеролы и микостеролы не всасываются в пищеварительном тракте.

**Холестерол (холестерин)** – это зоостерол, присутствующий во всех клетках животных. Он плохо растворяется в воде (около 0,2 мг/100 мл). Является основным стеролом у человека и важным компонентом различных биологических мембран, в частности, в миелиновых структурах центральной и периферической нервной системы, в которой может составлять 170 г/кг. Холестерол является предшественником стероидных гормонов надпочечников. Кроме того он является предшественником желчных кислот.



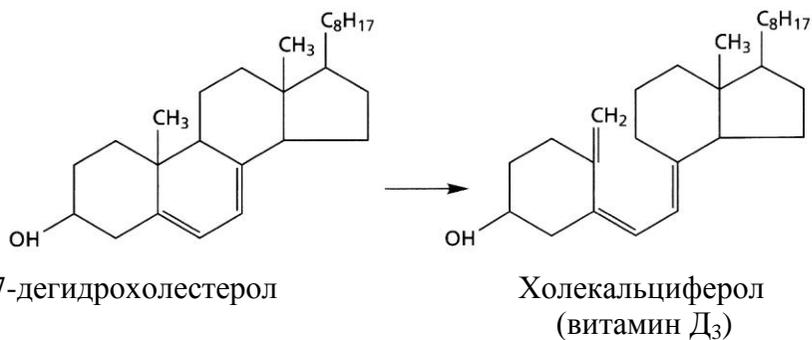
Нормальная концентрация холестерина в плазме крови от 1200 до 2200 мг/литр. Около 30% его находится в свободном состоянии, остальное количество связано с липопротеинами. Это-комплексы белков и липидов с нековалентными связями. Липопротеины различают по размеру, молекулярной массе, химическому составу и плотности. Их классифицируют по плотности на 5 классов, из которых один -хиломикроны, которые образуются при абсорбции в тонком кишечнике.

Таблица 5.4 – Классы липопротеинов разной плотности

Класс	Плотность (г/мл)	Молекулярная масса (дальтон)	Диаметр (Å)
Высокоплотные липопротеины ( <b>ВПЛП</b> )	1,063-1,210	4 - 2×10 <sup>5</sup>	50 – 130
Низкоплотные липопротеины	1,019-1,063	2×10 <sup>6</sup>	200 – 280
Среднеплотные липопротеины ( <b>СПЛП</b> )	1,006-1,019	4,5×10 <sup>6</sup>	250
Очень низкоплотные липопротеины ( <b>ОНПЛП</b> )	0,95-1,006	5×10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	250 – 750
Хиломикроны	<0,95	10 <sup>9</sup> -10 <sup>10</sup>	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup>

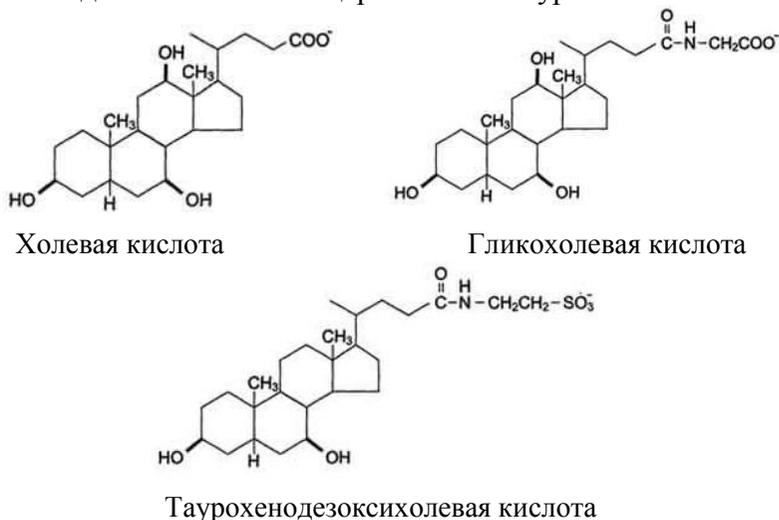
В плазме крови липопротеины находятся в виде сферических структур с оболочкой из триацилглицеролов и холестероловых эфиров. Они окружены оболочкой толщиной около 20 Å, содержащей белки, неэтерифицированный холестерол и фосфатидилхолины. Поскольку они имеют более высокое соотношение поверхности к объему, то более мелкие структуры содержат больше белка относительно липидов и отличаются высокой плотностью. Так **ВПЛП** фракция содержит 45% белка и 55% липида, в то время как **ОНПЛП** – только 10% белка и 90% липида. При высоком уровне в крови холестерол откладывается на стенках сосудов, что становится причиной заболевания атеросклерозом. Это уменьшает просвет сосудов и может привести к образованию тромба и инфаркту миокарда. Есть убедительные доказательства, что риск сердечно-сосудистых заболеваний прямо связан с концентрацией низкоплотной липохолестериновой фракции и обратно – с высокоплотной липохолестериновой фракцией.

**7-Дегидрохолестерол.** Это вещество образуется из холестерина и является важным предшественником витамина Д<sub>3</sub>, который образуется, когда стерол подвергается солнечному ультрафиолетовому облучению.



**Эргостерол.** Этот фитостерол широко распространен в коричневых водорослях, бактериях и высших растениях. Является предшественником эргокальциферола или витамина D<sub>2</sub> в результате воздействия ультрафиолетовой радиации. Изменения происходят в таком же плане, как при образовании витамина D<sub>3</sub> из 7-дегидрохолестерола и заключаются в открытии второго фенолтренового кольца.

**Желчные кислоты** имеют пятиуглеродную боковую цепь при 17-углеродном атоме, которая заканчивается карбоксильной группой, связанной амидной связью с глицерином или таурином:



К желчным относятся холевая, гликохолевая, таурохолевая и таурохенодезоксихолевая кислоты. Желчные кислоты синтезируются из холестерина, что является главным конечным путем его обмена. Желчные кислоты находятся в виде солей. Они образуются в печени, запасаются в желчном пузыре и секретируются в верхнюю часть тонкой кишки. Их значение состоит в следующем:

- обеспечивают главный экскреторный путь для холестерина, который не может катаболизироваться до CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O у млекопитающих. Желчь содержит холестерина около 390 мг/100 мл;

- желчные соли помогают, наряду с детергентным действием фосфолипидов, в предотвращении кристаллизации раствора;
- действуют в качестве эмульгаторов при подготовке жиров к гидролизу панкреатической липазой в процессе переваривания;
- участвуют в активации панкреатической липазы;
- ускоряют всасывание жирорастворимых витаминов в пищеварительном тракте.

**Стероидные гормоны.** Они включают семейство женских (эстрогены) и мужских половых гормонов (андрогены) и прогестерон, а также кортизол, альдостерон и кортикостерон, которые производятся корой надпочечников. Синтез различных стероидных гормонов из холестерина осуществляется последовательными ферментативными реакциями. Основной путь стероидогенеза, приводящий к образованию эстрогенов, андрогенов, минерало-и глюкокортикоидов (рис. 5.3):

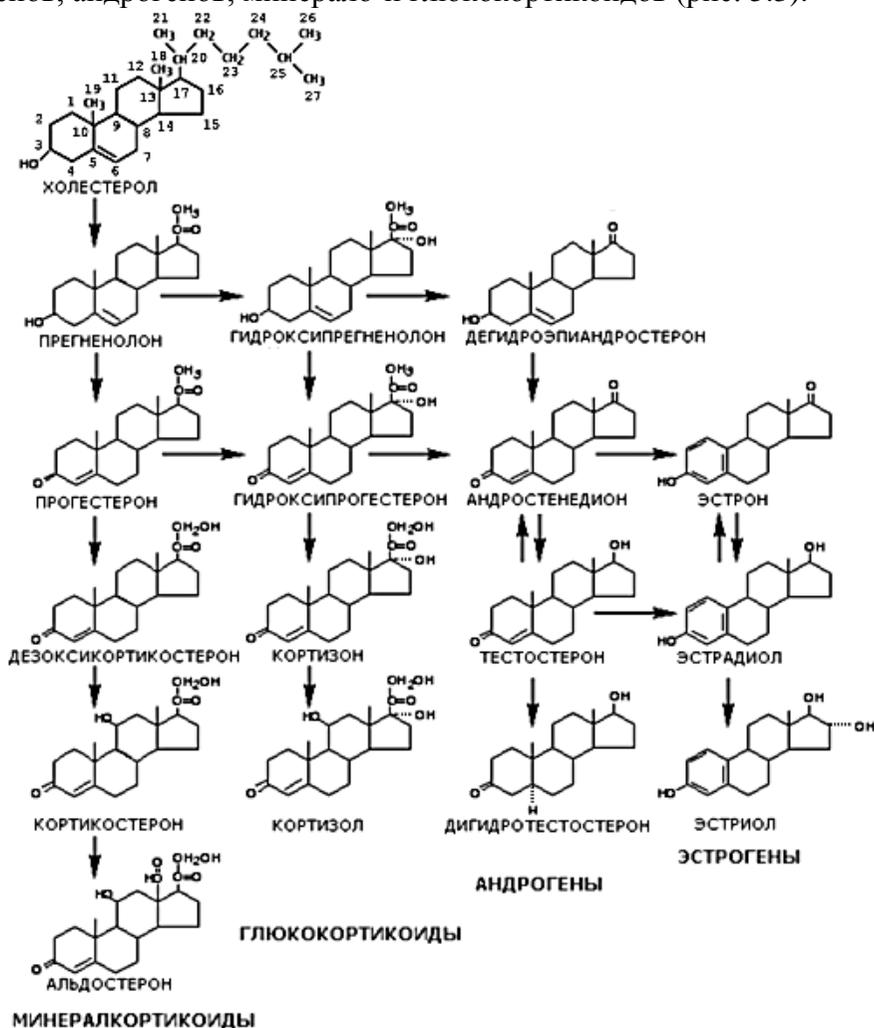
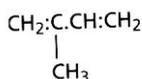


Рисунок 5.3 – Основные стероидные гормоны и пути их синтеза

Выделяют четыре наиболее общие группы стероидных гормонов: минералкортикоиды, глюкокортикоиды, андрогены и эстрогены. Основными представителями каждой из этих групп являются альдостерон, кортизол, тестостерон и эстрадиол соответственно. Кроме того, выделяют группу прогестагенов, основным представителем которой является прогестерон. Дополнительно разделяют стероидные гормоны из этих пяти групп на две условные группы: половые гормоны (прогестагены, андрогены и эстрогены) и кортикостероиды (минералкортикоиды и глюкокортикоиды).

## Терпены

Терпены состоят из ряда единиц изопрена, связанных друг с другом с образованием цепей или циклических структур. Изопрен является пятиуглеродным веществом:



Изопрен

Многие терпены найдены в растениях, придают свойственный им аромат и являются компонентами душистых масел, таких как лимонное, мятное, ментоловое и камфорное. Среди наиболее важных растительных терпенов является фитольная часть хлорофилла, каротиноидные пигменты, растительные гормоны, в частности, гибберелловая кислота и витамины А, Е и К. У животных некоторые из коэнзимов, включая такие как коэнзимы Q группы, являются терпенами.

### Проверочные вопросы:

1. На какие группы классифицируют липиды?
2. Структурные и запасные липиды, их функции в растительных и животных клетках.
3. Строение липидов. Простые и сложные триацилглицеролы (триглицериды).
4. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, их физические и химические свойства.
5. Цис-и транс формы жирных кислот, значение в питании животных.
6. Незаменимые жирные кислоты, действие дефицита на здоровье животных.
7. Фосфолипиды, строение и роль в организме животных.
8. Фосфоглицериды, их представители, используемые в питании животных.
9. Стероиды, холестерол и другие стероидные вещества, физиологическая роль в организме животных, содержание в кормах.

### Литература

1. Беззубов Л. П. Химия жиров. / Л. П. Беззубов. – 3-е изд, перераб. и доп. - М.: «Пищевая промышленность», 1975. – 275 с.
2. Ленинджер А. Биохимия. / пер. с англ. под ред. акад. А. А. Баева. - М.: Изд-во «Мир», 1974. – 957 с.
3. Кнорре Д.Г. Биологическая химия / Д. Г. Кнорре, С. Д. Мызина. - М.: «Высшая школа», 1998. – 479 с.
4. Хелдт Г.-В. (Hans-Walter Heldt). Биохимия растений. Перевод с английского, под ред. профессора А.М.Носова, профессора В.В.Чуб. Москва БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 471 с.

## Глава 6. Белки

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 содержатся азот и сера.

### 6.1. Классификация белков

Белки классифицируют по следующим признакам: химическому составу, функциональным свойствам, структуре (форме) белковых молекул. Кроме того, белки семян злаковых, бобовых и масличных культур – 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 отличаются 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 гексозамины, 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 соединениями, обеспечивающими транспорт липидов в кровяной поток, в ткани или для оксидации и запасания жира. Их можно классифицировать в пять главных категорий в увеличивающемся порядке по плотности: хиломикроны, очень низко плотные липопротеины (ОНПЛ), низкоплотные

липопротеины (НПЛ), среднеплотные (СПЛ) и высокоплотные (ВПЛ) (табл. 5.4).

**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 простетическими группами 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; белки соединительных тканей-коллагены, эластины.

Каждый белок выполняет свою узкоспециализированную функцию. Например, белок миозин, составляющий 50% мускульных белков, играет важную роль в сокращении мышц, обладая одновременно ферментативной АТФ-азной активностью, 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. Гидроксиляция 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, клюве, 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, молоках) 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.

### **По структуре (конформации) 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 типа связей между аминокислотными остатками в белковой молекуле являются основными и наиболее важными – **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 окисли-

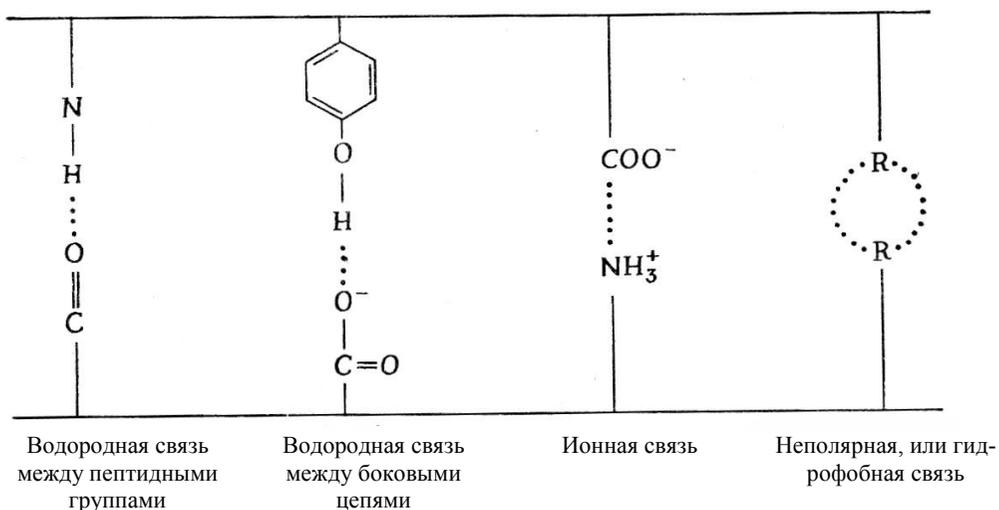
телей, например воздуха, два близких цистеиновых остатка окисляются до цистина с ковалентной дисульфидной связью S-S.

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 глутаминовой и аспаргиновой кислот в виде свободных карбоксильных групп, которые в нейтральных и щелочных растворах ионизируются и дают отрицательный заряд белку (рис. 6.1).

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

Основные аминокислоты – лизин, гистидин, аргинин имеют концевые группы, способные присоединять водородный ион в нейтральной или кислой среде, образуя положительный заряд на белковой молекуле. Высокое содержание основных и кислых аминокислот в альбуминах 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.





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.

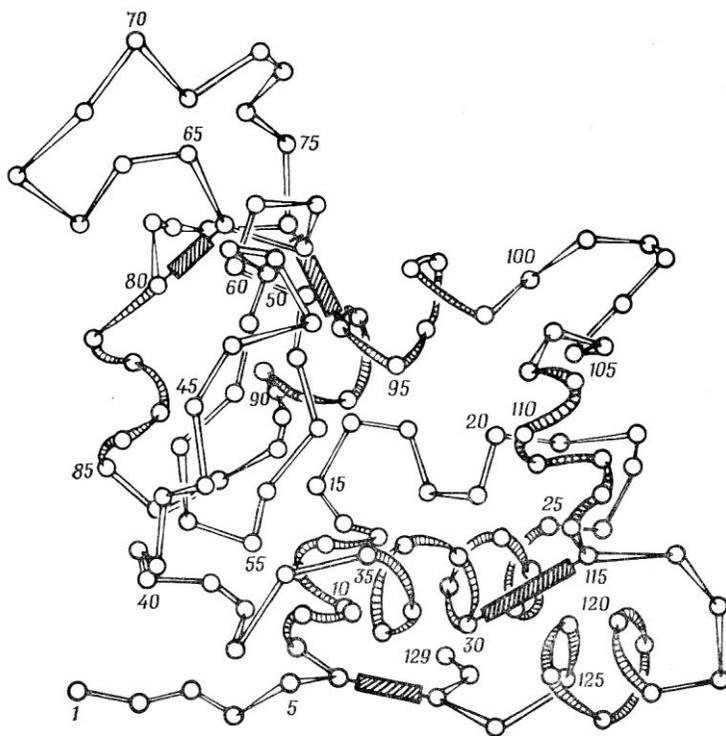


Рисунок 6.3 - Схематическое изображение третичной структуры (конформации) молекулы белка лизоцима цыпленка. Заштрихованные прямоугольники изображают дисульфидные мостики, цифры указывают номера аминокислотных остатков, начиная с **N-конца**.

Сравните первичную и третичную структуры белка лизоцима цыпленка.

**Четвертичная структура** определяется наличием в белковой молекуле нескольких субъединиц (полипептидных цепочек), связанных между собой 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.

### **Конформация и функциональная 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 упаковки обеих молекул 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 развертывается, 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.

## **6.2. Аминокислотный состав белков**

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-го, начале 20-го веков 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 образовываться 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.

## **6.3. Незаменимые аминокислоты**

К незаменимым относятся: лизин, метионин, триптофан, треонин, изолейцин, лейцин, валин, фенилаланин, аргинин, гистидин (табл. 6.1). 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 цистеин. 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 и мыши 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 гипераммонимии, 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 происходит из-за отсутствия цикла мочевинообразования.

Таблица 6.1 – Незаменимые и заменимые аминокислоты

Аминокислоты	Крыса	Собака	Мышь	Цыпленок	Поросянок	Человек взрослый	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	-	-	-	±	-	-	-		

+ незаменимая; - заменимая; ± 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 составлял 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 полуискусственных 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, снижается концентрация гонадотропных гормонов плаценты; огрубление кожно-волосяного 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 – метионина» для снижения ожирения печени, уровня холестерина в крови; метионин повышает гуморальный и клеточный иммунитет.

**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. Аргинин является прямым предшественником оксида азота (NO).

**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. Острый дефицит лизина имеет место, когда в питании используется только зерно злаковых культур – пшеница, кукуруза, сорго, просо – или продукты из них без какого-либо потребления полноценных по аминокислотам белковых кормов животного происхождения или сои. Острый дефицит одновременно лизина и триптофана наблюдается в условиях, когда основным источником питания является кукуруза.

#### **6.4. Заменяемые аминокислоты**

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

Нельзя думать, что человек и животные могут без ущерба 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, аминокислот и белков. При стрессовых ситуациях потребность человека и животных в глутамине превышает их способность производить эту аминокислоту в достаточном количестве.

Некоторые исследователи склонны относить глутамин 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 заменяемые аминокислоты нельзя игнорировать при анализе данных аминокислотного состава различных продуктов и организации питания человека и животных. Поэтому, важно придерживаться 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 полузаменимых цистина и тирозина) таково: в белке говядины в пределах 0,96-1,10, свинины – 1,04, рыбе – 1,14, яйца – 1,14, 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.

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.

### **6.5. 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 поляризованного света в водном растворе вправо, что и обозначается знаком (+), другая половина – влево и обозначается знаком (-). В то же

время L- и D- конфигурации 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- глютаминовая 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, что D- формы метионина, цистина, фенилаланина, тирозина используются одинаково, 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 (табл. 6.2).

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.

Таблица 6.2 – 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	-	-	-

Способность использовать D- формы связана с наличием или отсутствием в почках ферментов, способных превращать их в соответствующую α-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 (-NH<sub>2</sub>) и кислую карбоксильную группу (-COOH). Большинство аминокислот, обычно присутствующих в натуральных белках, являются α-типа, когда аминная группа примкнута к углеродному атому, к которому присоединена гидроксильная группа. В белках аминокислоты соединены с помощью пептидных связей CO-NH. Образование пептидных связей происходит в процессе биосинтеза белка, при этом каждая аминокислота теряет карбоксильную OH группу и водород (H). В связи с отщеплением воды аминокислоты в составе белка называют аминокислотными остатками. Боковые группы 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 аминокислотных остатков.

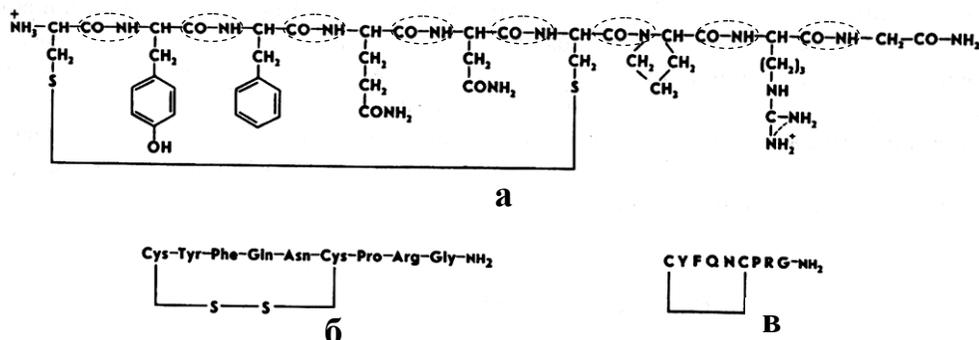


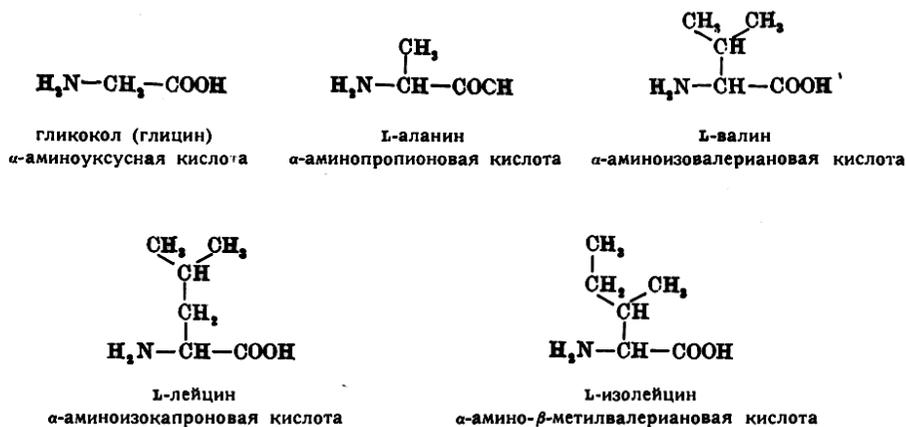
Рисунок 6.4 – Молекула вазопрессина: а – в виде структурной формулы; б – записанная с помощью трехбуквенной символики; в – записанная с помощью однобуквенной символики. Линия, соединяющая символы остатков цистеина, означает наличие между ними дисульфидного мостика; в пунктиром овале обозначены пептидные связи.

На рисунке хорошо видны боковые цепи тирозина, фенилаланина, глутамина, аспарагина, пролина, аргинина. Две молекулы цистеина образовали дисульфидную связь -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, моноамино-дикарбоновые, диамино-монокарбоновые, серусодержащие аминокислоты.

### 1. Аминокислоты, встречающиеся в белках:

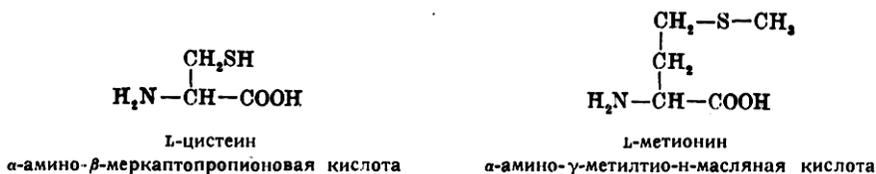
#### А) Моноаминомонокарбоновые кислоты:



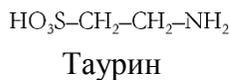
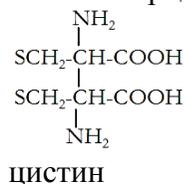
#### Оксиаминокислоты:



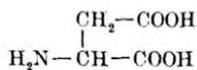
#### Серусодержащие аминокислоты:



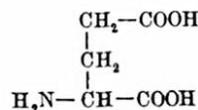
#### Продукты обмена серусодержащих аминокислот



Б) Моноаминодикарбоновые кислоты:

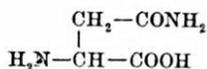


L-аспарагиновая кислота  
α-аминоянтарная кислота

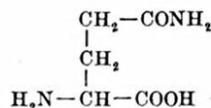


L-глутаминовая кислота  
α-аминоглутаровая кислота

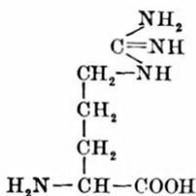
В) Диаминомонокарбоновые кислоты:



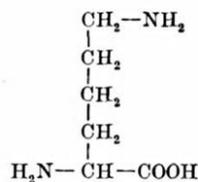
L-аспарагин  
β-амид-L-аспарагиновой кислоты



L-глутамин  
γ-амид-L-глутаминовой кислоты

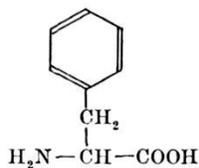


L-аргинин  
α-амино-γ-гуанидиновалериановая кислота

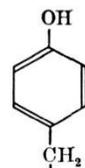


L-лизин  
α,ε-диаминокапроновая кислота

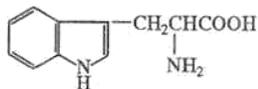
Г) Циклические аминокислоты:



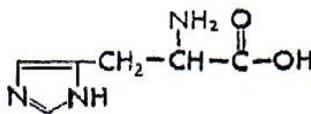
L-фенилаланин  
α-амино-β-фенилпропионовая кислота



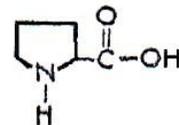
L-тирозин  
α-амино-β-(p-оксифенил)-пропионовая кислота



L-триптофан  
α-амино-β-индолилпропионовая кислота



L-гистидин  
α-амино-β-имидазолпропионовая кислота



L-пролин  
пирролидин-2-карбоновая кислота

Проверочные вопросы и литературу см. на странице 261.

## Глава 7. Минеральные вещества

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 внедряются интенсивные технологии при отсутствии 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.

### 7.1. 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 проведении электрических потенциалов в нервной и мышечной ткани, участву-

ет 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 (табл.7.1). 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 непереваренным 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 7.1 – 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. Заболевания 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 (табл. 7.2). 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 кальция:  $Ca=3,3+0,17+1,16=4,63$ . Для покрытия 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 7.3.

Таблица 7.2 – Содержание макроэлементов в рационе коров в предотельный 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	5,30	1,01	1,05	0,94	8,56	0,28	2,35
Сено люц.	8,1	0,081							
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	0,01	0,06
Премикс	1,0	0,010	-	-	-	-	-	-	-
Итого	100	1000	7,26	3,18	2,35	2,04	16,66	0,98	3,25
<b>Усвояемость, %</b>	×	×	<b>45</b>	<b>67</b>	-	-	<b>95</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
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 предотельный 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 (см. нормы табл. 18.1)

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 ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Содержание 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. Теперь рассчитаем катионно-анионный баланс.

Таблица 7.3 – 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

## 7.2. 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 (табл. 7.4).

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 (табл. 7.5).

Таблица 7.4 – 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 7.5 – 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.

### 7.3. 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 об-

разования 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.

#### 7.4. Биодоступность микроэлементов

Микроэлементы из кормов жвачными усваиваются, %: Mn-2, Zn-15, Cu-20, Se-40, Fe-10, Co-60 (NRC-2001). Поэтому балансирование рационов по микроэлементам необходимо решать за счет премиксов (табл.7.7). Биодоступность микроэлементов высокая (почти 100%) в сернокислых солях, хуже в углекислых и невысокая в оксидах (табл. 7.6).

Таблица 7.6 – Содержание и биодоступность микроэлементов в препаратах для свиней и птиц

Микроэлемент и его источник	Химическая формула	Содержание вещества, %	Биодоступность, %
1	2	3	4
<b>Медь (Cu)</b>			
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 (моногоидрат)	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	50-55	60-100
Медь сернокислая (безводная)	$\text{CuSO}_4$	39,9	100
<b>Железо (Fe)</b>			
Железо сернокислое (моногоидрат)	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	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
<b>Йод (I)</b>			
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
<b>Марганец (Mn)</b>			
Марганец сернокислый (моногоидрат)	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	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
<b>Селен (Se)</b>			
Селенит натрия	$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	45,0	100

Продолжение таблицы 7.6

1	2	3	4
Селенат натрия (декагидрат)	$\text{Na}_2\text{SeO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$	21,4	100
<b>Цинк (Zn)</b>			
Цинк серноокислый (моногидрат)	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	35,5	100
Цинк окись	$\text{ZnO}$	72,0	50-80
Цинк серноокислый (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 7.7 – Типичный состав микроэлементных премиксов, добавляемых в расчете на кг СВ рациона.

Минералы	Ед. изм.	Поросята 21-60 дн.	свиноматки		Коровы		Телята 0-3 мес.	Цыплята яичные	Цыплята-бройлеры старт	Курыне-сушки
			супоросн.	лактлирующие	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?

**Литература**

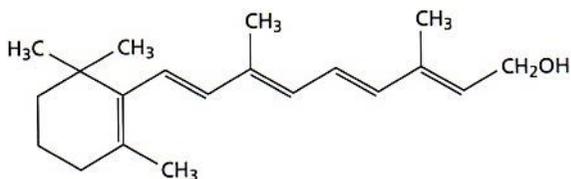
1. Макарцев В. И. Кормление сельскохозяйственных животных. / В. И. Макарцев, И. Ф. Драганов, В. В. Калашников – М.: Колос, 2011. – 640 с.
2. Новое в кормлении животных. Справочное пособие. / Авторский коллектив: В. И. Фисинин, В. В. Калашников, И. Ф. Драганов [и др.]. - М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 612 с.
3. Рядчиков В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. / В. Г. Рядчиков.- Краснодар 2012. – 328 с.

## Глава 8. Витамины

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.

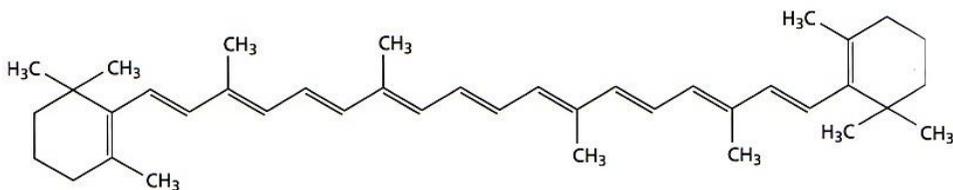
### 8.1. Жирорастворимые витамины

**Витамин А (ретинол).** Необходим для нормального зрения и репродукции, роста, сохранения эпителиальных и слизистых оболочек органов животных.



Витамин А

В растениях витамин А находится в форме провитамина А (каротина), который активируется до ретинола в кишечнике и печени.



β-каротин

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.

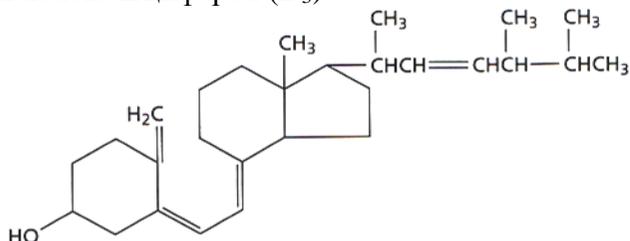
Таблица 8.1 – Эффективность конверсии β-каротина в витамин А

Виды	Конверсия, %	Кол-во 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

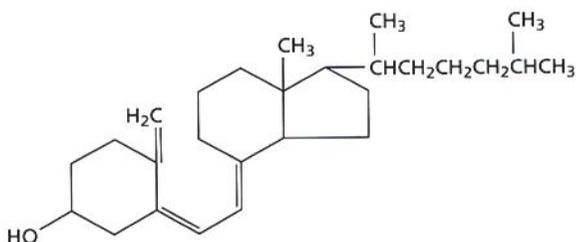
Доказано, что β-каротин положительно действует на репродукцию маток, независимо от наличия витамина А. Внутримышечная инъекция β-каротина повышает выживаемость эмбрионов в результате секреции в матке специфических белков. В то же время в других исследованиях добавление каротина в рацион не выявило подобного 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 cerebrospinalной жидкости, снижение витамина А в плазме крови и печени. Огрубление волосяного покрова, сверхраздражимость, высокая чувствительность к прикосновению, кровотокащие 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 холекальциферол (D<sub>3</sub>).



Витамин D<sub>2</sub>(эргокальциферол)



Витамин D<sub>3</sub>(холекальциферол)

Фитохимическое действие (дневного солнечного света) превращает 7-дигидрохолестерол в коже животных в холекальциферол ( $D_3$ ). Одна МЕ витамина D определяется как активность 0,025 мкг холекальциферола. Витамин  $D_2$  и  $D_3$  в почках гидроксилируются до 25-гидрокси форм, далее 25-гидроокси  $D_3$  окисляется до 1,25-дигидроокси  $D_3$ , последний обладает гормональным действием.

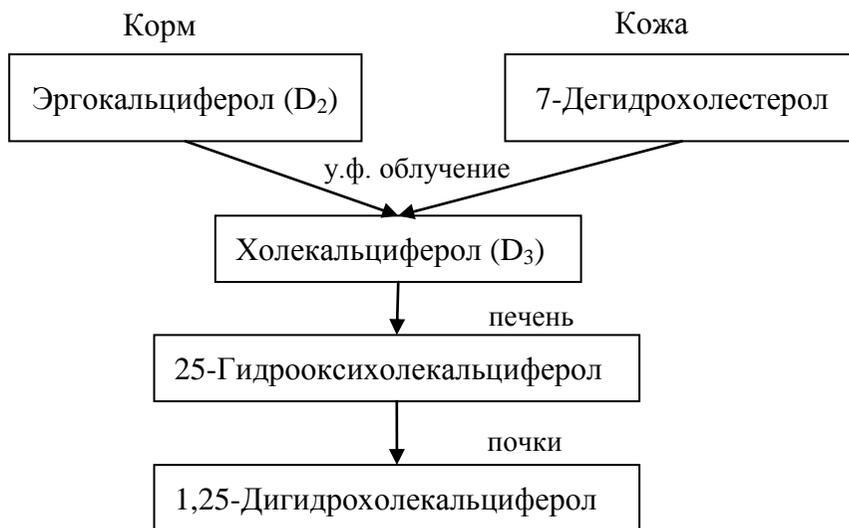
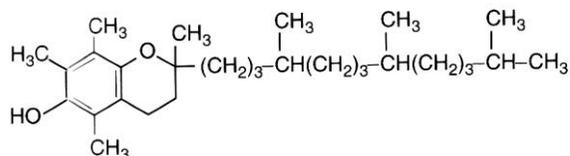


Рисунок 8.1 – Метаболический путь образования гормонально активной формы витамина D.

Витамин D и его карбоксильные метаболиты действуют на слизистую тонкого кишечника, вызывая образование Ca-связанных белков, которые способствуют всасыванию Ca и Mg, влияют на всасывание фосфора. Кроме того гидроокись  $D_3$  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:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ -токоферолы;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и  $\delta$ -токотриенолы. Из них D- $\alpha$ -токоферол имеет самую высокую биологическую активность. Одна международная единица витамина E – это активность 1 мг DL- $\alpha$ -токоферила ацетата.



**Витамин Е (альфа-токоферол)**

Натуральный витамин Е в кормах быстро разрушается под действием тепла, влаги, окисленных жиров. Поэтому точно предсказать количество активного витамина Е 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.

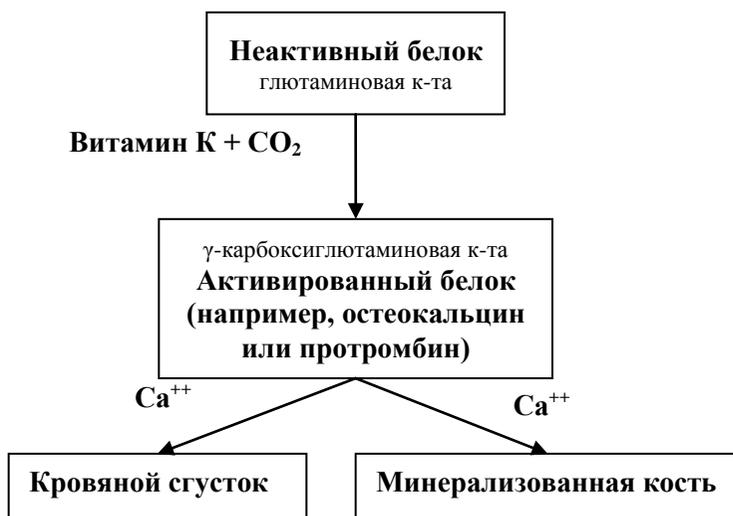
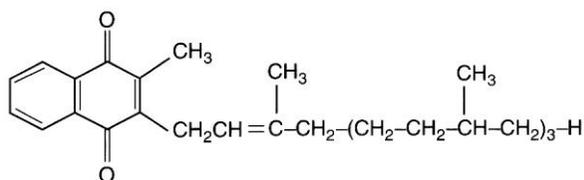


Рисунок 8.2 – Карбоксиляция глутаминовой кислоты и активация глутамат-содержащих белков.



Витамин К<sub>1</sub>

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.

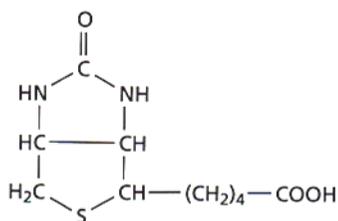
**Симптомы дефицита:** увеличивается время свертывания крови, гемморагия внутренностей и гибель.

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

## 8.2. 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.



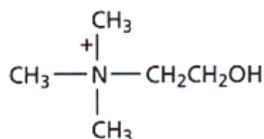
Биотин

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. 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.

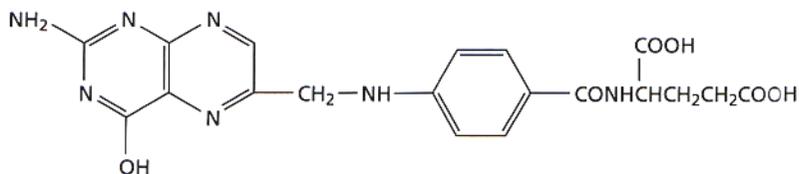


Холин

**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 свиней. При уровне 10000 мг/кг подавлялся рост у 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).



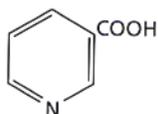
Фолиевая кислота (птероилмоноглутаминовая кислота)

**Симптомы дефицита фолиевой кислоты:** неудовлетворительный рост, блеклый цвет волос, анемия, лейкопения, тромбопения, пониженный гематокрит, гиперплазия костного мозга.

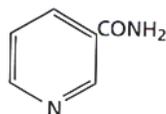
**Ниацин (никотиновая кислота).** Является компонентом коэнзимов, необходим для обмена углеводов, белков и жиров. Избыточный

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.



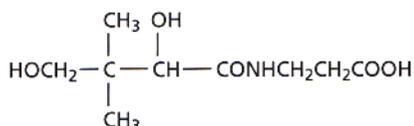
Никотиновая кислота



Никотинамид

**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.

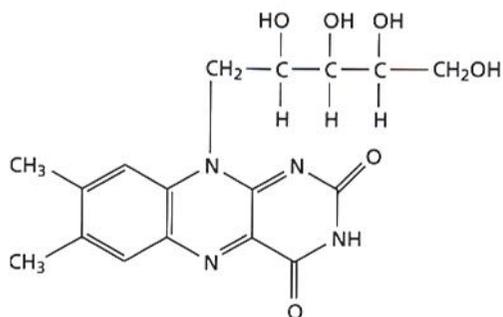


Пантотеновая кислота

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-СаCl<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.

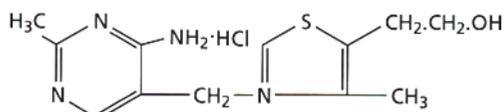
**Рибофлавин.** Является компонентом двух коэнзимов – флавина мононуклеотида (ФМН) и флавина аденина динуклеотида (ФАД). Рибофлавин играет важную роль в обмене белков, жиров и углеводов. В кормах рибофлавин находится в составе ФАД.



Рибофлавин

**Симптомы дефицита:** потеря репродуктивных функций у свинок, у кур, у молодняка – снижение роста, катаракта, трудная походка, себорей, 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 тиамина.



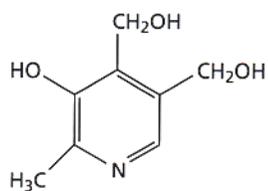
Тиамин гидрохлорид

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.

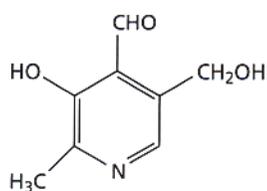
Зерно большинства злаковых культур богато тиамином. Поэтому свиньям и птицам на зерново-жмыховых рационах тиамин добавлять не обязательно.

**Пиридоксин (Витамин В<sub>6</sub>).** Витамин В<sub>6</sub> содержится в кормах в виде пиридоксина, пиридоксаля, пиридоксамина и пиридоксаль фосфата.

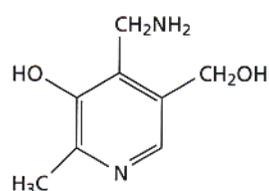
Последний является кофактором многих аминокислотных ферментативных систем, включая трансаминазы, декарбоксилазы, дегидратазы, синтетазы и рацемазы. Витамин В<sub>6</sub> играет главную роль в функциях центральной нервной системы. Он включен в декарбоксилирование производных аминокислот – нейротрансмиттеров и нейроингибиторов. Биологическая доступность витамина В<sub>6</sub> из кормов недостаточно изучена.



Пиридоксин



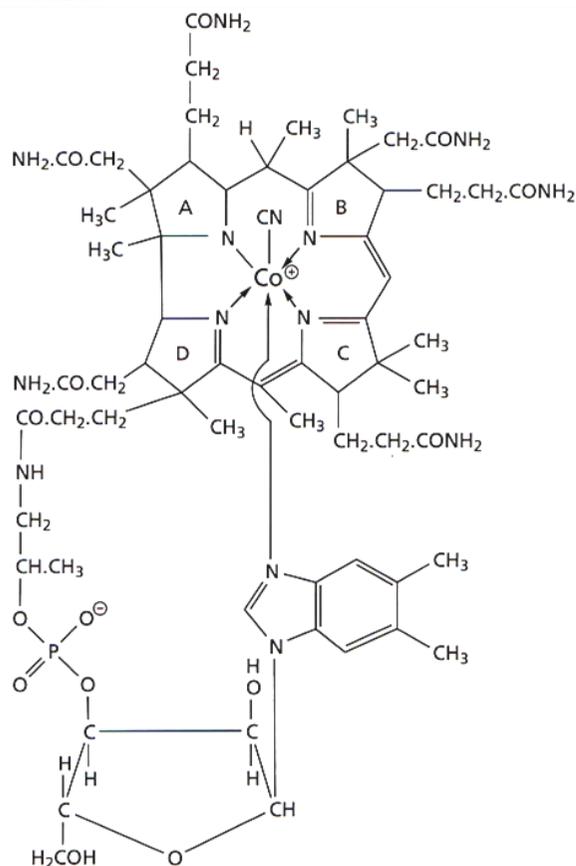
Пиридоксаль



Пиридоксамин

**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 в своей молекуле микроэлемент кобальт.



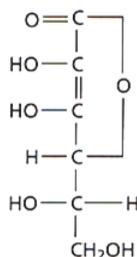
Витамин В<sub>12</sub> (цианкобаламин)

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 окислении 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 гидрооксизин. Однако добавка витамина С была неэффективной в предотвращении этого нарушения.



Витамин С (L-аскорбиновая кислота)

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.

### 8.3. 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 8.2. Разные витамины неодинаково реагируют на хранение с минеральными веществами и холин-хлоридом. Потери вит. В<sub>1</sub>, вит. К, вит. С, при хранении с холин-хлоридом оказались самые высокие 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 8.2 – Потери витаминов в бройлерных кормах при хранении в разных условиях, %.

Витамин	Форма	Тип пре-микса	Идеальные условия		При хранении в пре-миксах		При хранении пре-миксов в составе кормов	
			Мешанка	Гранулы	Мешанка	Гранулы	Мешанка	Гранулы
А	Драже А/Д3	В <sup>1</sup>	3	8	4	9	11	16
		ВМ <sup>2</sup>	4	9	8	13	15	19
		ВМХ <sup>3</sup>	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	КМНБ <sup>4</sup>	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 ки-слота	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
Ниаин	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-хлорид	В	-	-	-	-	-	-
		ВМ	-	-	-	-	-	-
		ВМХ	-	-	-	-	1	4
Условия хранения: Хранение витаминов Хранение премиксов; 15°C, ОВ <sup>5</sup> - 60%			0 дней		0 дней		0 дней	
Хранение кормов; 20 °С, ОВ – 60%			14 дней		56 дней		56 дней	
			7 дней		7 дней		28 дней	

В<sup>1</sup> – витамины; ВМ<sup>2</sup> – витамины+минеральные вещества; ВМХ<sup>3</sup> – витами-ны+минеральные вещества + холин-хлорид; КМНБ<sup>4</sup> – комплексный препарат мена-диона натрия бисульфата; ОВ<sup>5</sup> – относительная влажность.

Тиамин очень неустойчив к теплу. Поэтому избыточная температура или автоклавирование кормов резко снижает его содержание.

Таблица 8.3 – Типичный состав витаминных премиксов, добавляемых в расчете на кг СВ рациона.

Витамины	Ед. изм.	Поросята 21-60 дн.	свиноматки		Коровы		Телята 0-3 мес.	Цыплята яичные	Цыплята бройлеры старт	куры несшки
			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.

#### Литература

1. Макарец В.И. Кормление сельскохозяйственных животных. / В. И. Макарец, И. Ф. Драганов, В. В. Калашников. – М.: Колос, 2011. – 640 с.
2. Новое в кормлении животных. Справочное пособие. /Авторский коллектив: В. И. Фисинин В. В. Калашников,И. Ф. Драганов [и др.]. - М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 612 с.
3. Рядчиков В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных / В. Г. Рядчиков. - Краснодар 2012. – 328 с.

## Глава 9. Ферменты (энзимы)

Ферменты – самый крупный и высокоспециализированный класс белковых молекул, при помощи которых реализуется действие генов в осуществлении жизненно необходимых химических реакций в организме животных. Ферментативной активностью обладают также матричные РНК, называемые рибозимами. К настоящему времени открыто более тысячи ферментов, наиболее востребованные получены в кристаллическом виде и используются во многих областях – медицине, в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и т.д.

**История энзимологии.** Термин **фермент** предложен в XVII веке химиком ван Гельмонтом при обсуждении механизмов пищеварения (от лат. fermentum – закваска). Термин **энзим** (от греч. – дрожжи, закваска) предложен в 1876 г. В. Кюне для ферментов, секретируемых клетками желудка. Л.Пастер (1866) установил, что процесс спиртового и молочно-кислого брожения катализируется «живыми» ферментами, т.е. микроорганизмами. Э. Бухнер доказал в 1897 г., что бесклеточный дрожжевой сок способен катализировать спиртовое брожение так же, как и неразрушенные дрожжевые клетки; Дж. Самнер в 1926 г. выделил фермент уреазу в кристаллической форме; каталитическая активность РНК была обнаружена в 1980г. Т.Чеком.

Название многих ферментов образуются путем добавления суффикса – **аза** к названию субстрата, т.е. того вещества, на которое воздействует данный фермент. Уреаза катализирует гидролиз мочевины (англ. urea-юреа-мочевина) до **NH<sub>3</sub>** и **CO<sub>2</sub>**, аргиназа катализирует гидролиз аргинина до орнитина и мочевины. Суммарное название ферментов для определенного класса веществ: протеазы – ферменты расщепляющие белки (протеины), липазы, расщепляющие липиды (жиры), карбогидразы – углеводы, нуклеазы – нуклеиновые кислоты и т.д. Слова фермент и энзим имеют равный смысл.

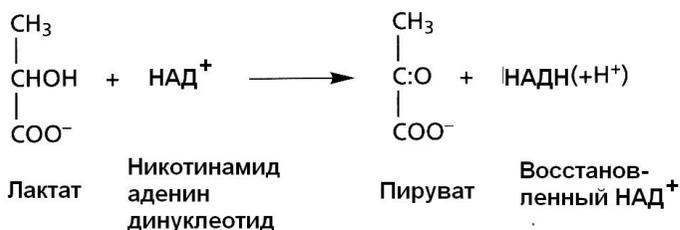
Ферменты, или энзимы – это катализаторы, что в классическом химическом понимании означает вещество, которое влияет на скорость химических реакций без появления в конечных продуктах; характерно, что катализатор остается неизменным по завершении реакции. Энзимы способны повышать скорость реакции в  $10^9$ - $10^{12}$  раз по сравнению с некатализированной реакцией. Реакции, катализируемые энзимами, теоретически являются обратимыми и должны достигать равновесия. В живых клетках продукты реакции удаляются, и реакции являются в значительной мере односторонними и не достигают равновесия, скорее, они достигают стабильного состояния, в котором концентрации реагентов остаются относительно постоянными.

Каждая живая клетка содержит сотни ферментов и может функционировать эффективно только тогда, когда действия ферментов благоприятно скоординированы. Важно подчеркнуть, что в пределах клетки ферменты существуют в разных компартаментах: клетка не ящик, в котором они в беспорядке разбросаны. Например, ферменты 1-ой стадии в окислении глюкозы (гликолитический путь) присутствуют в цитоплазме, в то время как ферменты дыхательной цепи, включенные в цикл трикарбоновых кислот, находятся в митохондриях; ферменты, катализирующие процессы обмена нуклеиновых кислот, локализованы в ядре и т.д.

## 9.1. Классификация ферментов

Ферменты классифицируются на 6 больших групп в соответствии с характером их действия.

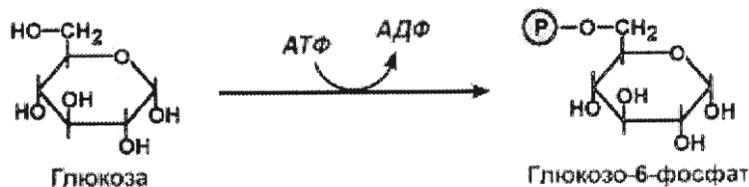
**Оксидоредуктазы** катализируют окислительно – восстановительные реакции, лежащие в основе биологического окисления. В результате реакции происходит перенос водорода, кислорода или электронов от одной молекулы к другой, например, лактат окисляется в пируват в присутствии лактатдегидрогеназы. В процессе реакции два электрона и два атома водорода отрываются от спиртовой группы, образуя кетон, и трансформируются с образованием никотинамидадениндинуклеотида (НАДН) (+Н<sup>+</sup>).



Группа включает:

- дегидрогеназы;
- оксидазы;
- пероксидазы;
- каталазы;
- оксигеназы;
- гидроксилазы.

**Трансферазы** – большая группа ферментов, которые катализируют перенос от субстрата (донор) к другому веществу (акцептор) разных функциональных групп, таких как ацетил, амино и фосфат от одной молекулы к другой. Например, при образовании глюкоза-6-фосфат из глюкозы при освобождении энергии в теле добавление фосфатной группы происходит в присутствии гексокиназы:



Группа включает:

- трансальдолазы и транскетолазы;
- ацетил-, глюкозил- и фосфорилтрансферазы;
- киназы;
- фосфомутазы.

**Гидролазы** катализируют гидролитическое расщепление внутримолекулярных связей (за исключением С-С связей) в субстратах с присоединением  $\text{H}_2\text{O}$ . Типичным является гидролиз жиров и белков. Жир может быть разрушен до глицеридов (ацилглицеролов) и жирных кислот под воздействием липазы.

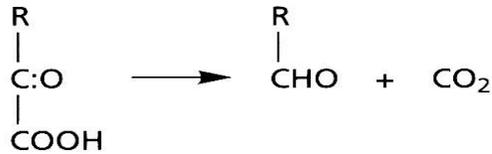


Подобным образом пептидазы расщепляют белки путем гидролиза пептидных связей между смежными аминокислотами.

Эта группа включает:

- эстеразы;
- гликозидазы;
- пептидазы;
- фосфатазы;
- тиолазы;
- фосфолипазы;
- амидазы;
- дезаминазы;
- рибонуклеазы.

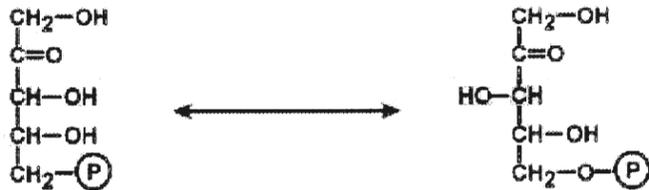
**Лиазы** – энзимы, которые катализируют негидролитический разрыв С-О, С-С, С-N и других связей, включая отрыв определенных групп при декарбоксилировании или дезаминировании. Пируват декарбоксилаза, например, катализирует превращение 2-оксо-кислоты в альдегид, при этом удаляется двуокись углерода:



Эта группа включает:

- альдолазы
- гидратазы
- дегидратазы
- синтазы
- лиазы

**Изомеразы** катализируют реакции изомерного превращения в пределах одной молекулы. Например, рибулозофосфат-3-эпимераза изменяет конфигурацию молекулы при одном атоме углерода и превращают рибулозо-5-фосфат в ксилулозо-5-фосфат:



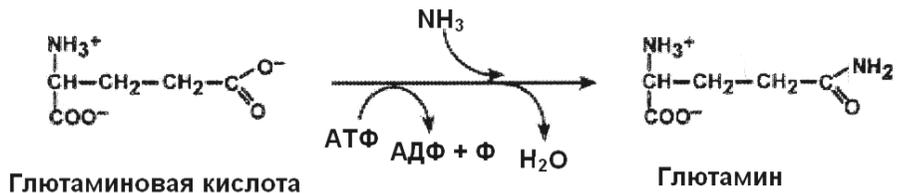
Рибулозо-5-фосфат

Ксилулозо-5-фосфат

Группа включает:

- рацемазы;
- изомеразы;
- некоторые мутазы.

**Лигазы.** Название означает катализ реакций, где связываются две молекулы за счет разрушения высокоэнергетической фосфатной связи **АТФ**, которые дают энергию для осуществления реакции. Например, образование глутамина из глутаминовой кислоты осуществляется с помощью глутаминсинтетазы при затратах энергии **АТФ**:



## Единицы активности ферментов

1) За единицу активности фермента (U-unit, англ.) принимают такое количество фермента, которое катализирует превращение 1 мкмоль субстрата (С) за 1 мин. при оптимальных условиях ( $1U = 1 \text{ мкмоль/мин.}$ )

2) В системе СИ активность выражают в каталах: 1 катал – количество фермента, катализирующее превращение 1 моля субстрата за 1 сек. при оптимальных условиях ( $1 \text{ кат.} = 1 \text{ моль/с}$ )

3) Удельная активность определяется количеством единиц ферментативной активности, которое приходится на 1 мг белка в биологическом объекте (U/мг белка)

4) В медицинской энзимологии активность фермента выражают в единицах (U) на 1 л биологической жидкости (сыворотки крови, мочи): U/л.

## 9.2. Свойства ферментов как биокатализаторов

Специфичность (избирательность) действия. Выделяют такие ее виды:

а) абсолютная специфичность – фермент катализирует превращение только одного субстрата (один фермент – один субстрат). Пример – уреаза, аргиназа, сахараза, лактаза и др.

б) стереоструктурная– фермент катализирует превращение определенного стереоизомера (лактатдегидрогеназа превращает только L-лактат)

в) относительная– фермент катализирует превращение группы веществ с одним типом химической связи (один фермент – одна связь). Пример – пептидазы, эстеразы, гликозидазы.

### Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры

Ферментативные реакции, как и все химические реакции, ускоряются при повышении температуры (в 2-4 раза на каждые  $10^{\circ}\text{C}$ ). Однако скорость ферментативной реакции имеет свой температурный оптимум, превышение которого приводит к понижению активности ферментов из-за тепловой денатурации их молекул. Для большинства ферментативных реакций температурный оптимум –  $38\text{-}40^{\circ}\text{C}$ . При  $50\text{-}60^{\circ}\text{C}$  и выше скорость ферментативных реакций сильно уменьшается из-за разрушения молекул фермента (рис. 9.1А). Зависимость активности ферментов от температуры называется термолабильностью. Ферменты лучше сохраняются при низких температурах, хотя при этом их активность снижается, но денатурации не происходит.

## Зависимость ферментативной активности от pH среды

Каждый фермент имеет свой pH-оптимум, т.е. значение pH, при котором его активность максимальна. Фермент, как и любой белок, имеет в своей структуре ионогенные группы (например, карбоксильные группы или аминогруппы в боковых цепях), а от концентрации ионов водорода зависит их диссоциация и соотношение между положительно и отрицательно заряженными группами. Соотношение между этими группами определяет и пространственное строение молекулы фермента (его конформацию), а следовательно, и его активность. Большинство ферментов наиболее активны при pH=6-8. Исключения – пепсин (pH<sub>опт</sub>= 1,5-2), аргиназа (pH<sub>опт</sub>=10-11), (рис. 9.1Б).

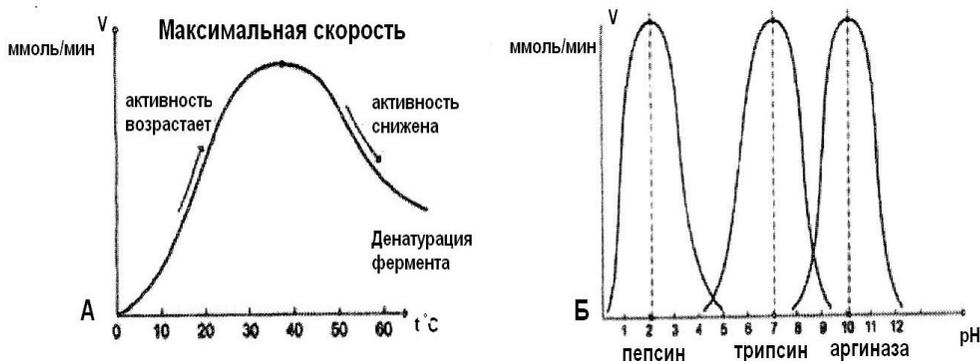


Рисунок 9.1 – Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры (А) и pH (Б)

Ферменты в отличие от небиологических катализаторов проявляют более высокую активность и свою способность ускорять реакции в очень маленьких концентрациях (например, одна молекула карбоангидразы способна расщепить 36 млн. молекул  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

**Центры ферментов.** Молекула фермента взаимодействует с субстратом не всей своей поверхностью, а определенными участками. На поверхности фермента есть: активный центр – это участок, который взаимодействует с субстратом. Активных центров в молекуле фермента может быть несколько. Наиболее часто в состав активных центров ферментов входят функциональные группы таких аминокислот:

- ОН - группы серина, треонина, тирозина;
- SH- группы цистеина;
- NH- группа гистидина;
- COOH- группы глутамата и аспартата;
- NH<sub>2</sub>- группы аргинина и лизина.

В структуре активного центра выделяют: участок, который связывается с субстратом и называется контактный («якорный») участок; каталитический участок, в состав которого входят химические группы,

принимающие непосредственное участие в преобразовании субстрата:  $-\text{OH}$ ,  $-\text{SH}$ ,  $=\text{N}$ ,  $-\text{NH}_3^+$ ,  $-\text{COOH}$ .

Кроме активного центра, некоторые ферменты имеют дополнительный, регуляторный, аллостерический (allos– другой, steros – пространственный) центр, с которым взаимодействуют аллостерические регуляторы (эффекторы, модуляторы). Аллостерические эффекторы могут быть позитивными (активаторами), которые повышают каталитическую активность фермента, или негативными (ингибиторами), которые ее снижают.

Активный и аллостерический центры локализуются на разных субъединицах фермента. При взаимодействии аллостерического центра с эффекторами происходят конформационные изменения активного центра фермента, что приводит к увеличению или снижению его активности. Ферменты, имеющие аллостерический центр, называются регуляторными.

### Активаторы и ингибиторы ферментов

**Активаторы** – вещества, которые повышают скорость ферментативных реакций, увеличивают активность ферментов. Они бывают органической и неорганической природы.

**Активаторы органической природы:** желчные кислоты (активируют поджелудочную липазу), энтерокиназа (активирует трипсиноген), глутатион, цистеин, витамин С повышают активность оксидоредуктаз.

**Активаторы неорганической природы:** например,  $\text{HCl}$  активирует пепсиноген, ионы металлов ( $\text{Na}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{K}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Zn}$ ) активируют очень многие ферменты. Ионы металлов: а) способствуют образованию фермент-субстратного комплекса; б) служат донорами и акцепторами электронов; в) принимают участие в образовании активного центра ферментов ( $\text{Zn}$  – в составе карбоангидразы,  $\text{Fe}$  – в составе цитохромов, каталазы, пероксидазы); г) выступают в роли аллостерических регуляторов.

**Ингибиторы** – вещества, которые уменьшают активность ферментов и замедляют химические реакции. Различают обратимое и необратимое ингибирование:

если ингибитор (**И**) связывается с молекулой фермента (**Ф**) слабыми связями ( $\text{Ф}+\text{И}\leftrightarrow\text{ФИ}$ ), то такой ингибитор легко удаляется и активность фермента восстанавливается;

если ингибитор связывается с молекулой фермента прочными ковалентными связями ( $\text{Ф}+\text{И}\rightarrow\text{ФИ}$ ), то наступает необратимое подавление активности фермента.

**Изоферменты.** Часть ферментов состоят не из одной белковой цепочки, а из нескольких субъединиц. Изоферменты – это семейство ферментов, которые катализируют одну и ту же реакцию, но отличаются по строению и физико-химическим свойствам. Например: лактатдегидрогеназа (ЛДГ) состоит из 4 субъединиц 2х-типов: субъединица Н, выделен-

ная из сердечной мышцы (heart – сердце), субъединица М, выделенная из скелетных мышц (musculus – мышца). Эти субъединицы кодируются разными генами. В разных органах имеются различные формы ЛДГ с различным набором субъединиц.

### 9.3. Механизм действия ферментов

Считается, что взаимодействие фермента и субстрата происходит по закону комплементарности. То есть конформация активного центра фермента должна соответствовать конфигурации субстрата, они подходят друг к другу как «ключ к замку» (рис. 9.2).



Рисунок 9.2 – Схематическое представление взаимодействия фермент-субстрат

Позже была предложена теория «индуцированного» соответствия – замок формируется только в момент приближения субстрата к активному центру фермента.

Следует отметить, что размер молекулы фермента намного больше молекул субстрата. Возникает вопрос, какое это имеет значение для катализа и, зачем нужна та часть молекулы фермента, которая не входит в каталитический центр. Например, молекула химотрипсина состоит из 245 аминокислотных остатков, в то время как каталитический центр включает всего две аминокислоты – серин и гистидин (рис. 9.3).

Изучение механизма действия химотрипсина показало, что большой размер ее молекулы позволяет вызвать напряжение в структуре субстрата в результате конформационного изменения структуры самого фермента. Вследствие такой «подгонки» обеспечивается точное взаиморасположение каталитического центра фермента и катализируемых групп субстрата, т.е. индуцированное соответствие фермента субстрату. Другой смысл индуцированных конформационных изменений фермента состоит в том, чтобы обеспечить освобождение продуктов реакции из активного центра, после чего конформация молекулы возвращается в исходное состояние.

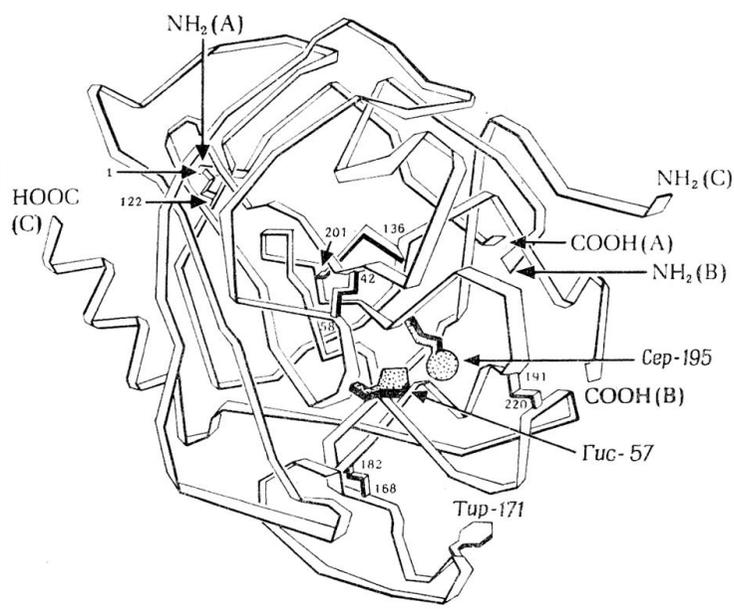


Рисунок 9.3 – Пространственная модель  $\alpha$ -химотрипсина, построенная по данным рентгеноструктурного анализа. В каталитическом центре принимают участие остатки Гис-57, Сер-195 и, возможно, Асп-102.

### Понятие об энергии активации и энергетическом барьере

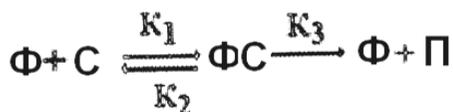
С точки зрения термодинамики ферменты ускоряют ход химической реакции за счет снижения энергии активации. Энергия активации – это количество энергии, которое необходимо для перевода всех молекул 1 моля вещества (субстрата) в активное состояние. Энергетический барьер – это такое количество энергии, которое необходимо преодолеть молекулам, чтобы вступить в химическое взаимодействие. Молекулы в субстрате имеют различные энергии и только немногие способны преодолеть энергетический барьер. В этих условиях реакция может не пройти или пройти очень медленно. В состоянии газов или растворов энергия молекул может быть повышена за счет энергии в виде тепла; больше молекул будут преодолевать энергетический барьер и реакция ускорится. В теле этого не может быть, учитывая строгий контроль постоянства температуры. В такой ситуации то же самое может быть достигнуто путем снижения энергетического барьера, вместо повышения энергии молекул. Это является функцией ферментативного катализа. На рисунке 9.4. верхняя линия показывает действие на скорость некатализируемой реакции за счет повышения внешней энергии.



Рисунок 9.4 – Энергетическая схема катализуемой и некатализуемой реакции.

Пик кривой представляет состояние перехода и энергию, которая необходима молекуле, чтобы такая реакция произошла. Свободная энергия, которая должна быть обеспечена, чтобы достичь этого, является энергией активации. Нижняя линия показывает подобный участок для каталитической реакции фермент – субстрат. В этом случае энергия протекания реакций ниже, больше молекул способны достичь ее и скорость реакции повышается. Важно подчеркнуть, что катализатор не изменяет равновесия, но снижает энергетический барьер катализуемой реакции и изменяет скорость, с которой она достигается.

**Кинетика ферментативных реакций.** Этот раздел энзимологии изучает влияние химических и физических факторов на скорость ферментативной реакции. В 1913 г. Михаэлис и Ментен создали теорию ферментативной кинетики, исходя из того, что фермент ( $\Phi$ ) вступает во взаимодействие с субстратом ( $C$ ) с образованием промежуточного фермент-субстратного комплекса ( $\Phi C$ ), который далее распадается на фермент и продукт ( $\Pi$ ) реакции по уравнению:



где,  $K_1$  – константа скорости образования фермент-субстратного комплекса- $\Phi C$ ;  $K_2$  – константа скорости расхода фермент-субстратного комплекса из исходного вещества;  $K_3$  – константа скорости распада фермент-субстратного комплекса на продукт и фермент ( $\Phi + \Pi$ ).

Каждый этап взаимодействия субстрата с ферментом характеризуется своими константами скорости. Отношение суммы констант скорости распада фермент-субстратного комплекса к константе скорости образования фермент-субстратного комплекса называется константой Михаэлиса (**K<sub>m</sub>**). По величине **K<sub>m</sub>** каталитические реакции можно поделить на быстрые (**K<sub>m</sub>** 10<sup>-6</sup> моль/л и меньше) и медленные (**K<sub>m</sub>** 10<sup>-2</sup> – до 10<sup>-6</sup>).

### Зависимость активности фермента от количества субстрата

Слишком низкая концентрация субстрата приводит к низкой скорости реакции фермент-субстрат. Это происходит из-за того, что все каталитические участки на ферменте в любой данный момент времени оказываются незанятыми субстратом. Очевидно, что в этих условиях каталитический потенциал системы не может полностью реализоваться. По мере увеличения концентрации субстрата скорость реакции фермент – субстрат увеличивается до максимальной **V<sub>max</sub>** (рис. 9.5).

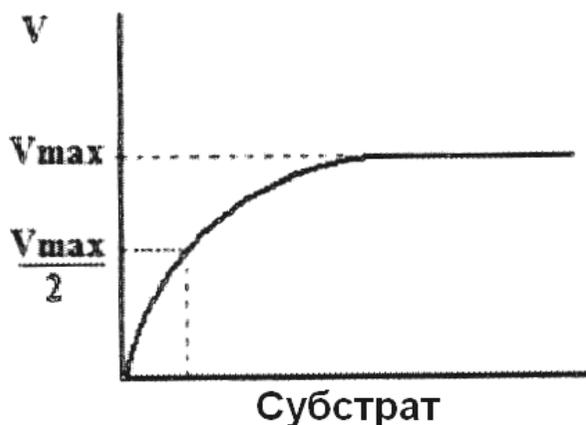


Рисунок 9.5 – Зависимость скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата

Начиная с этой точки, концентрация субстрата становится слишком высокой, чтобы все каталитические участки фермента были задействованы. При высоких концентрациях субстрата наступает насыщение фермента субстратом, то есть наступает такой момент, когда уже все молекулы фермента задействованы в каталитическом процессе и прироста скорости реакции не будет.

### 9.4. Кофакторы ферментов

Активность ряда ферментов зависит только от структуры его белковой молекулы, тогда как для других требуется, кроме того, присутствие определенных групп небелковой природы, так называемых, **кофакторов**. В роли кофакторов могут выступать или ионы металлов, или

сложные органические соединения называемые **коферментами**; иногда для каталитической активности необходимо наличие тех и других. Кофакторы, как правило, термостабильны, тогда как большинство ферментов при нагревании инактивируется. Связывание кофакторов с ферментами характеризуется разной степенью сродства. Существуют кофакторы, ковалентно связанные с белком. Природный комплекс фермента с кофактором называют **холоферментом**, а неактивный белок, остающийся после удаления кофактора – **апоферментом**.

Ниже перечислены некоторые ферменты, для которых кофакторами служат указанные ионы металлов.

**Zn<sup>2+</sup>**

Алкогольдегидрогеназа  
Карбоангидраза  
Карбоксипептидаза

**Mg<sup>2+</sup>**

Фосфогидролазы  
Фосфотрансферазы

**Mn<sup>2+</sup>**

Аргиназа  
Фосфотрансферзы

**Fe<sup>2+</sup>** или **Fe<sup>3+</sup>**

Цитохромы  
Пероксидаза  
Каталаза  
Ферредоксин

**Cu<sup>2+</sup> (Cu<sup>+</sup>)**

Тирозиназа  
Цитохромоксидаза

**K<sup>+</sup>**

Пируватфосфокиназа  
(требуется также присутствие ионов **Mg<sup>2+</sup>**)

**Na<sup>+</sup>**

АТФаза плазматической мембраны (требуется также присутствие ионов **K<sup>+</sup>** и **Mg<sup>2+</sup>**)

У таких ферментов ион металла выполняет какую-нибудь одну из двух возможных функций. Он может служить мостиком, связывающим фермент с субстратом в результате образования координационного комплекса, или он может непосредственно выполнять каталитическую функцию. Считается, например, что у каталазы - фермента, катализирующего разложение перекиси водорода, - атом железа играет роль каталитического центра. Некоторой способностью разлагать перекись водорода обладают даже простые соли железа, присутствие ферментного белка во много раз усиливает эту способность.

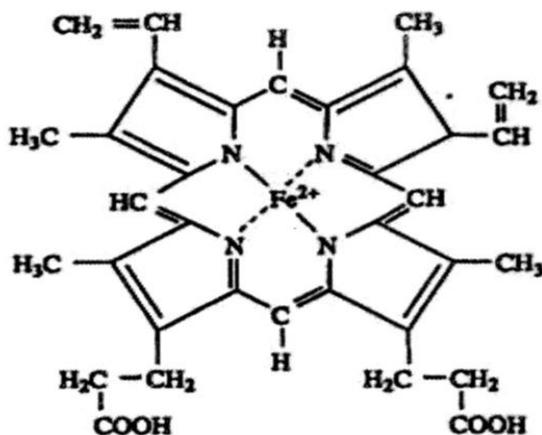
### 9.5. Классификация коферментов

Коферменты классифицируются по химической природе: витаминные, витаминоподобные, невитаминные, и по механизму действия: переносчики атомов водорода, электронов, протонов и отдельных химических групп.

## Коферменты переносчики атомов водорода, электронов и протонов

### Невитаминные коферменты

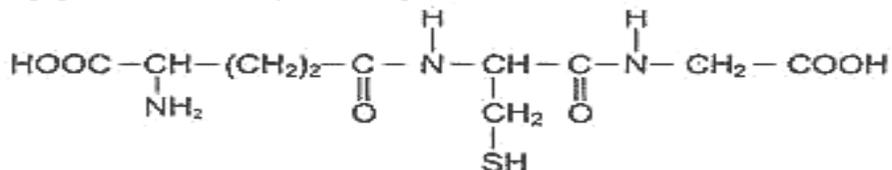
**Гем** – входит в состав гемсодержащих ферментов: цитохромов (ферменты тканевого дыхания и микросомального окисления), ферментов каталазы и пероксидазы. Структуру гема составляет суперкольцо протопорфирина IX, которое состоит из 4 пирольных колец, в центре протопорфиринового ядра находится атом  $Fe^{2+}$ , благодаря его наличию, ферменты, содержащие гем, способны транспортировать электроны. При этом железо переходит из двухвалентной формы в трехвалентную форму и наоборот.



гем

**Глютацион (G-SH)** – трипептид, состоит из остатков глутамата, цистеина и глицина (гамма-глутаминил-цистеинил-глицин) транспортирует атомы водорода. Имеет в своем составе свободную **SH**-группу цистеина, за счет которой осуществляется перенос атомов водорода или идет присоединение субстратов:  $2GSH \leftrightarrow GS-SG$ .

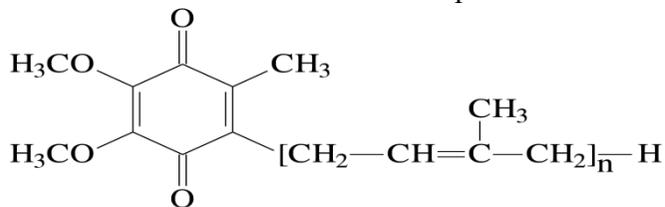
Биологическая роль глютациона в качестве кофермента состоит в том, что он функционирует в составе ферментов глютационпероксидазы и глютационредуктазы (антиоксидантных ферментов), глютацион-S-трансферазы, способствует обезвреживанию токсических веществ.



глютацион

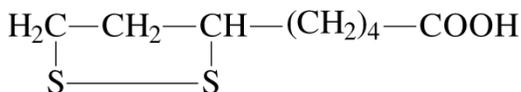
## Витаминоподобные коферменты

**Убихинон (коэнзим Q)** – липидорастворимый хинон с изопреноидной боковой цепью. Транспортирует атомы водорода и электроны. Входит в состав дыхательной цепи митохондрий.



убихинон

**Липоевая кислота** принимает участие в реакциях окислительно-го декарбоксилирования  $\alpha$ -кето кислот.



липоевая кислота

## Витаминные коферменты

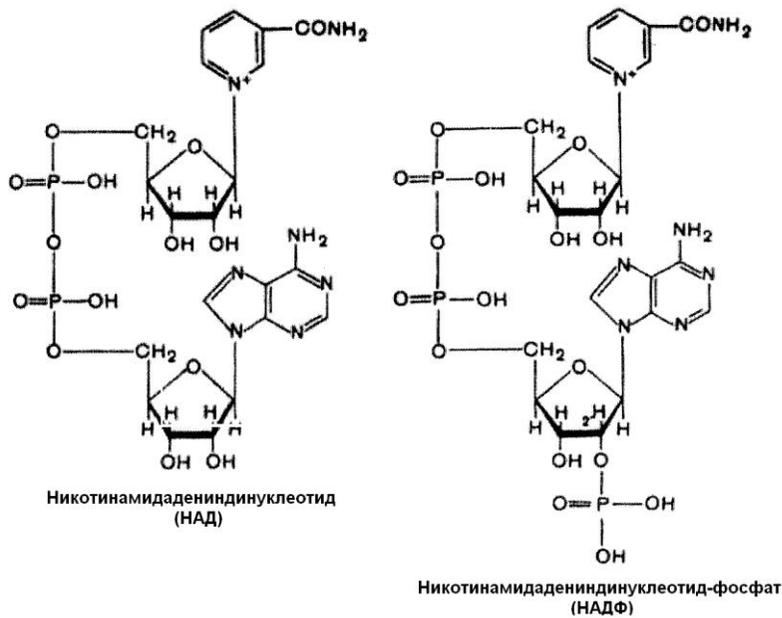
**5-дезоксаденозил-кобаламин** образуется из витамина **B<sub>12</sub>** в митохондриях. Биологическая роль – внутримолекулярный перенос атомов водорода. Входит в состав фермента метилмалонин-**КоА**-мутаза, который превращает метилмалонил-**КоА** в сукцинат.

**Аскорбиновая кислота (витамин С)**. Биохимические свойства аскорбиновой кислоты (АК) связаны с ее способностью вступать в окислительно-восстановительные реакции. АК принимает участие в переносе атомов водорода и электронов. АК в качестве кофактора участвует в реакции гидроксилирования: гидроксилирование дофамина в норадреналин; парагидроксифенилпирувата в гомогентизиновую кислоту; триптамина в 5-окситриптамин; пролина в гидроксипролин и лизина в гидроксизин в коллагеновых белках (является кофактором пролилгидроксидазы); гидроксилирование  $\gamma$ -бутиробетаина в карнитин; гидроксилирование кортикостероидов (наибольшая концентрация АК определяется в надпочечниках).

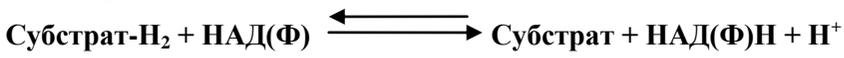
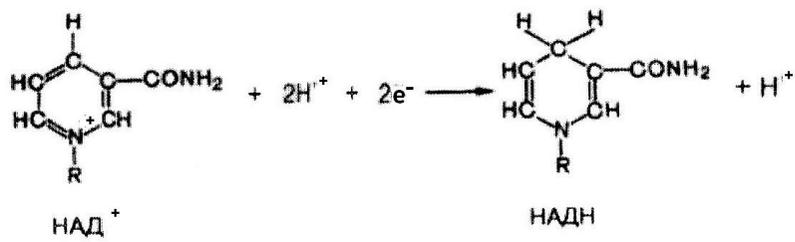
Антиоксидантные функции. Взаимодействие со свободными радикалами. АК легко взаимодействует с супероксидным радикалом, превращаясь в дегидроаскорбиновую кислоту; АК катализирует высвобождение иона  $Fe^{2+}$  из ферритина (последний выполняет роль депо железа в организме).



**Никотинамидные коферменты:** это производные витамина РР, которые используются ферментами – оксидоредуктазами. Наиболее известными являются НАД (никотинамидадениндинуклеотид) и НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат):

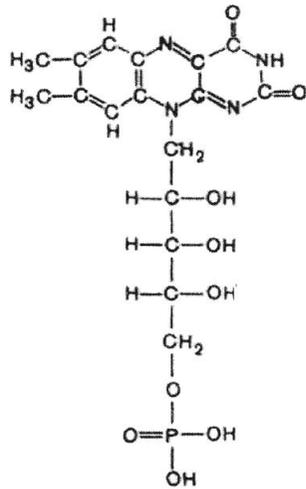


Функция НАД и НАДФ состоит в переносе атомов водорода и электронов (эта реакция осуществляется за счет никотинамидной части молекул коферментов):

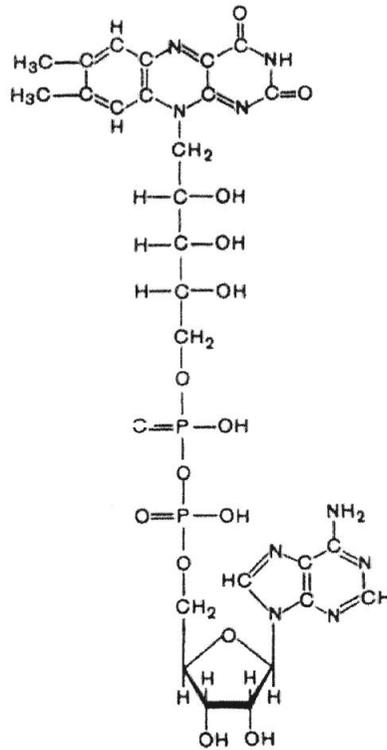


Роль НАД и НАДФ очень велика. Укажем на некоторые процессы, которые идут с участием НАД и НАДФ-зависимых дегидрогеназ: 1) гликолиз (аэробный, анаэробный); 2) декарбоксилирование α-кетокислот; 3) пентозофосфатный цикл (в нем идет синтез НАДФН); 4) цикл трикарбоновых кислот; 5) β-окисление и синтез жирных кислот; 6) синтез и гидроксирование холестерина и стероидов; 7) гидроксирование ксенобиотиков.

**Флавиновые коферменты** содержат витамин В<sub>2</sub>– рибофлавин, который имеет желтый цвет, поэтому они были названы желтыми коферментами. Главными из них являются ФМН (флавиномононуклеотид) и ФАД (флавинадениндинуклеотид):

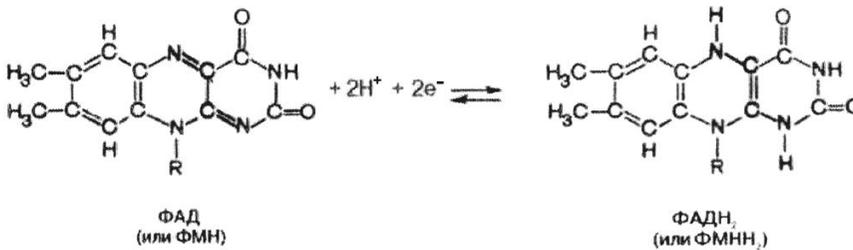


Флавинмононуклеотид  
ФМН



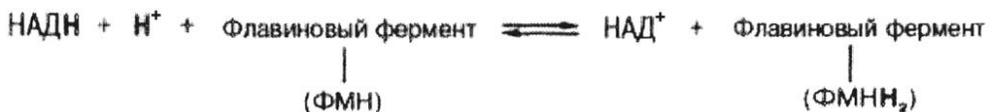
Флавинадениндинуклеотид  
ФАД

Особенностью их структуры является то, что они содержат производное рибозы – спирт рибитол. Действующая часть кофермента – флавин (в его основе лежит кольцо изоаллоксозина). Механизм действия ФАД и ФМН состоит в переносе атомов водорода (протонов и электронов):



ФАД  
(или ФМН)

ФАДН<sub>2</sub>  
(или ФМНН<sub>2</sub>)

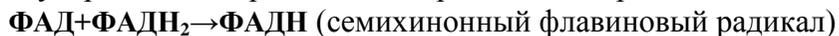


ФАД входит в состав ферментов - флавопротеинов, которые катализируют большое количество разных реакций. Выделяют три типа главных реакций:

- осуществляют обратимую реакцию дегидрирования (отщепления-присоединения атомов водорода) от субстрата;

- перенос атомов водорода (электронов и протонов) в дыхательной цепи в митохондриях, забирая их от восстановленных никотинамидных коферментов в процессе биологического окисления;

- в свободно-радикальных реакциях. Именно флавиновые коферменты в дыхательной цепи митохондрий, являются основными источниками супероксидного радикала и пероксида водорода.



**ФМН** и **ФАД** входят в состав многих ферментов: сукцинатдегидрогеназы, альдегидоксидазы, ксантинооксидазы, оксидазы D-аминокислот, моноаминоксидазы. Флавиновые ферменты принимают участие в  $\beta$ -окислении жирных кислот, в окислении спиртов, альдегидов, глюкозы, аминов, глицерина, пуринов (ксантина, гипоксантина, 6-метилпурина), производных никотина, хинолина, **НАДН** и **НАДФН**, амида липоевой кислоты. **ФАД** участвует в работе пируватдегидрогеназного и альфа-кетоглутаратдегидрогеназного комплексов, в окислении ксенобиотиков. Например, моноаминоксидаза окисляет биогенные амины – гормоны и нейромедиаторы до соответствующих альдегидов.

В реакциях, которые протекают с участием кислорода, флавопротеины переносят атомы водорода непосредственно на кислород, что ведет к образованию пероксида водорода. Такие флавопротеины относят к оксидазам (аэробным дегидрогеназам) – моноаминоксидаза, ксантинооксидаза.

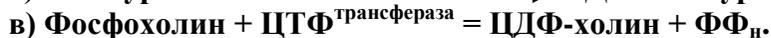
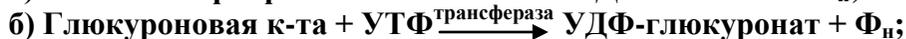
## **Коферменты – переносчики различных химических групп**

### **Невитаминные коферменты**

**Фосфаты нуклеозидов:** к ним относятся: **АТФ**, **ГТФ**, **УТФ**, **ЦТФ**, **ТДФ**. Механизм действия: транспортируют фосфорные остатки. Биологическая роль: входят в состав ферментов, которые необходимы для включения веществ в дальнейший метаболизм или для образования активных форм веществ, используемых в трансферазных реакциях:



- трансфераз:

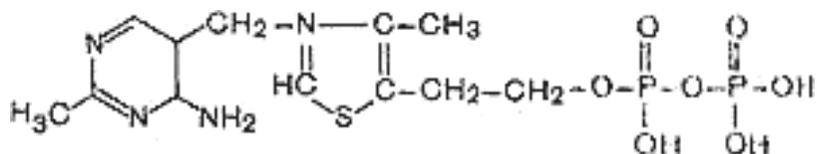


**Фосфаты углеводов.** Механизм действия: транспортируют фосфорные остатки и входят в состав ферментов глюкозо-фосфат-изомеразы, фосфоглицератмутаза и других.

### **Витаминные коферменты**

**Тиаминдифосфат** (**ТДФ** или тиаминпирофосфат). Кофермент состоит из двух гетероциклов (ядра тиазола и пиримидинового кольца)

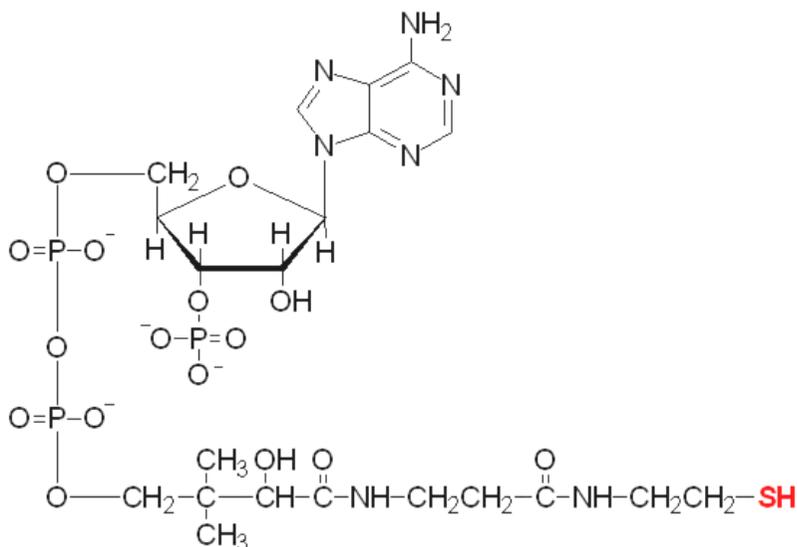
и пиродифосфатного остатка. Тиаминдифосфат в составе ферментов катализирует окислительное декарбоксилирование пировиноградной и альфа-кетоглутаровой кислот и перенос гликоальдегидной группы от кетосахаров на альдосахара в составе фермента транскетолазы.



тиаминдифосфат

**Коэнзим А (КоА-SH)**, кофермент ацилирования (кофермент ацетил- и ацилтрансфераз) – участвует в метаболизме углеводов (декарбоксилирование пирувата и альфа-кетоглутарата), в реакциях окисления и синтеза жирных кислот, холестерина, гема, ацетилхолина, обезвреживании чужеродных веществ и др. **КоА-SH** – это типичный нуклеотид и состоит из аденилового нуклеотида, соединенного с пантотеновой кислотой (витамин В<sub>3</sub>) и бета-меркаптоэтиламином.

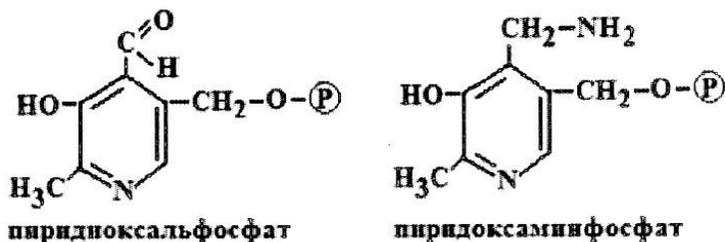
Функция **КоА-SH** состоит в активации и переносе остатков карбоновых кислот:



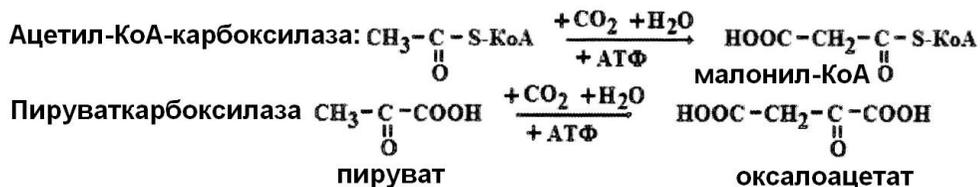
коэнзим А

**Пиридоксальфосфат (ПАЛФ)** и пиридоксаминфосфат (**ПАМФ**) являются производными витамина В<sub>6</sub>. **ПАЛФ** принимает участие в реакциях обмена аминокислот, переносит химические группы (**NH<sub>2</sub>**, **CO<sub>2</sub>**): а) в составе аминотрансфераз катализирует процессы переаминирования, перенося **NH<sub>2</sub>**-группу с аминокислоты на кетокислоту; б) в составе декарбоксилаз принимает участие в процессах декарбоксилирования

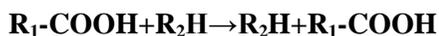
аминокислот с образованием биогенных аминов; в) в составе δ-аминолевулинатсинтазы участвует в синтезе гема; г) участвует во взаимопревращениях глицина и серина.



**Биоцитин** состоит из биотина (витамина **B7**) и остатка лизина. Биотин это гетероцикл, состоящий из имидазольного и тиофенового колец. Биоцитин является коферментом карбоксилаз, которые присоединяют  $\text{CO}_2$  к молекуле карбоновой кислоты с удлинением цепи на 1 атом углерода. Он принимает участие в реакциях карбоксилирования в присутствии АТФ: например, образовании малонил-**КоА**, необходимого в реакциях синтеза жирных кислот, или образовании щавелевоуксусной кислоты в цикле трикарбоновых кислот:



Биоцитин принимает участие в реакциях транскарбоксилирования (без участия АТФ), при которых субстраты обмениваются карбоксильными группами:



**Тетрагидрофолиевая кислота (ТГФК).** Структура кофермента включает кольцо птеридина, пара-аминобензойную кислоту (**ПАБК**) и глютаминовую кислоту. **ТГФК** синтезируется из витамина **B9** (фолиевой кислоты) под действием фермента дигидрофолатредуктазы, который присоединяет 4 атома водорода к фолиевой кислоте. Этот фермент ингибируется противоопухолевым препаратом метотрексатом, что ведет к торможению синтеза нуклеотидов, необходимых для репликации ДНК, и тормозит рост опухоли.



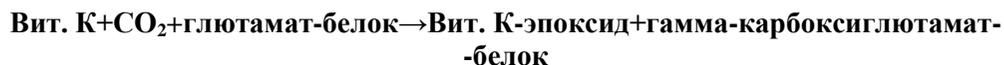
Функции ТГФК состоят в межмолекулярном переносе одноуглеродных фрагментов: метильного (-CH<sub>3</sub>), метиленового (-CH<sub>2</sub>-), метинильного (-CH=), оксиметильного (-CH-OH), формильного (-COH), форминоиминного (-CH=NH).

ТГФК принимает участие в обмене аминокислот (синтез метионина из гомоцистеина), в синтезе дезоксирибонуклеотидов и пуриновых ядер (аденина и гуанина), холина, креатина, адреналина.

**Метилкобаламин** синтезируется из витамина В<sub>12</sub>, структура которого очень сложная и включает коринное ядро, в центре которого расположен атом кобальта, соединенный с 4 пиррольными кольцами. Метилкобаламин принимает участие в метилировании гомоцистеина в метионин. Фермент гомоцистеинметилтрансфераза переносит метильный радикал из метилтетрагидрофолата на гомоцистеин.

**Витамин А** (ретинол) принимает участие в синтезе гликопротеинов в качестве кофактора гликозилтрансфераз – ферментов, гликозилирующих белки. Переносит олигосахариды через мембрану. Гликопротеины являются основой муцинов, которые покрывают слизистые оболочки. Витамин А является антиоксидантом, так как защищает мембраны от действия активных радикалов.

**Витамин К** – является кофактором гамма-глутамилкарбоксилазы, которая активирует протромбин, превращая его в тромбин. Считается, что витамин К является кофактором 7 факторов свертывания крови и многих белков соединительной ткани и костей. Коферментная функция витамина К состоит в карбоксилировании остатков глутаминовой кислоты в белках. Благодаря этому в глутаминовой кислоте появляется дополнительная карбоксильная группа и такой белок приобретает способность связывать ионы кальция, что и запускает процесс свертывания крови и другие реакции (например, депонирование солей кальция в костях).



**Витамин Е** (токоферол) является коферментом десатуразы жирных кислот, а также проявляет мощные антиоксидантные свойства.

### **Проверочные вопросы:**

1. Свойства ферментов как биокатализаторов.
2. Классификация ферментов.
3. Действие температуры, pH и концентрации субстрата на каталитическую активность ферментов.
4. Механизм действия ферментов на примере химотрипсина (конформация, активный центр стереоспецифичность).
5. Кофакторы ферментов, их характеристика.
6. Коферменты, витаминные и невитаминные, действие в метаболических реакциях.

### **Литература**

1. Биологический энциклопедический словарь. / гл. редактор М. С. Гиляров. -2-е изд., исправл. - М.: «Советская энциклопедия», 1989. – 864 с.
2. Клопов М. И. Биологически активные вещества в физиологических и биохимических процессах в организме животного. / М. И. Клопов, В. И. Максимов. - М.: Изд-во «Лань», 2012. – 442 с.
3. Ленинджер А. Биохимия. / пер. с англ. под ред. акад. А. А. Баева. - М.: Изд-во «Мир», 1974. - 957 с.
4. Кнорре Д. Г. Биологическая химия / Д. Г. Кнорре, С. Д. Мызина. - М.: «Высшая школа», 1998. - 479 с.

### Раздел III. Обмен веществ

Обмен веществ (метаболизм) рассматривается как совокупность ферментативных реакций, происходящих в клетках животных и человека, при этом хорошо скоординированных и направленных на обеспечение жизнедеятельности организма. Обмен веществ управляется центральной нервной системой на генетическом уровне и корректируется в зависимости от условий окружающей среды – питания, физических воздействий (температура и др.).

Обмен веществ осуществляет следующие функции:

- **энергетическую** – извлечение энергии из окружающей среды; в случае животных – использование питательных веществ (глюкозы, аминокислот, жирных кислот), поступивших после переваривания корма, или веществ из запасов тела-гликогена, жира, белка в качестве источников энергии;

- **пластическую** – превращение экзогенных веществ в белки, нуклеиновые кислоты, жиры, клеточные компоненты тела в процессе роста, развития и старения животных;

- **специфическую** – синтез и разрушение биомолекул (белков, нуклеиновых кислот, жиров, гликогена и других) в процессе их обновления и в зависимости от условий внешней и внутренней среды организма животных.

Обмен веществ включает два процесса – анаболизм и катаболизм (синтез и разрушение).

**Анаболизм** – это ферментативный синтез сравнительно крупных клеточных компонентов из простых предшественников. Процессы синтеза связаны с потреблением свободной энергии, которая поставляется в форме энергии фосфатных связей АТФ.

**Катаболизм** – это ферментативное расщепление сравнительно крупных молекул глюкозы, жирных кислот, аминокислот в результате реакций окисления до более мелких, например, молочной кислоты, уксусной кислоты,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  и мочевины. Катаболизм сопровождается выделением свободной энергии, заключенной в химических связях расщепляемых органических молекул, и запасанием свободной энергии в форме энергии фосфатных связей АТФ.

#### Стадийность процессов катаболизма и анаболизма

Катаболизм основных питательных веществ включает три главные стадии (рис 10.1). На первой стадии крупные молекулы, поступающие из внешней среды, расщепляются на составляющие их основные строительные блоки. Полисахариды (крахмал и др.) расщепляются до моносахаров - глюкозы, фруктозы и др., белки – до аминокислот, жиры

– до глицерина и жирных кислот. На второй стадии образовавшиеся продукты превращаются в более простые молекулы, например, глюкоза-в трехуглеродный фосфорилированный сахар глицеральдегид-3-фосфат, а затем расщепляются до единственной двууглеродной формы – ацетильной группы, входящей в состав ацетил-коэнзима А (ацетил-КоА). Аминокислоты также дают при расщеплении несколько конечных продуктов – ацетил-КоА, янтарную кислоту (сукцинат), фумаровую кислоту (фумарат) и щавелево – уксусную кислоту (оксалоацетат).

Продукты, образовавшиеся на второй стадии, вступают в третью стадию, которая для них всех является общей, и на которой они, в конечном счете, окисляются до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Процессы анаболизма также включают три стадии. Исходными веществами, или строительными блоками, служат для них соединения, поставляемые третьей стадией катаболизма. Таким образом, третья стадия катаболизма является в то же время первой исходной стадией анаболизма. Синтез белка, например, начинается на этой стадии с  $\alpha$ -кетокислот, являющихся предшественниками  $\alpha$ -аминокислот (кроме незаменимых у животных). На второй стадии анаболизма  $\alpha$ -кетокислоты аминуются аминогруппой доноров с образованием  $\alpha$ -аминокислот. На третьей заключительной стадии аминокислоты объединяются в пептидные цепи, образуют молекулы белков.

Фраза «промежуточный обмен» часто используется в текстах по питанию и биохимии. Он относится ко многим ступеням реакций- от начала биохимических процессов и до их окончания. Например, биохимический путь окисления глюкозы в клетке. Ступеньки в этом пути представляют реакции, которые необходимы, чтобы превратить 6-углеродный гексозный сахар в две 3-х углеродные молекулы пировиноградной кислоты (пирувата). Этот процесс называется также анаэробным дыханием. Различные молекулы веществ, которые производятся за 10 ступеней гликолиза, называются промежуточными метаболитами, а весь процесс от начального до конечного продукта – промежуточным обменом.

Почти все метаболические реакции связаны между собой, поскольку продукт одной ферментативной реакции служит субстратом другой реакции, которая является ступенью для последующей реакции и т.д. Существование такой преемственности обуславливается специфическими особенностями ферментов. В ферментативных реакциях происходит отщепление определенных функциональных групп от молекул метаболитов и перенос этих групп на акцепторные молекулы. Большинство реакций промежуточного обмена связано со ступенчатым переносом аминных, ацетильных, фосфатных, метильных, формильных или карбоксильных групп, или же атомов водорода.

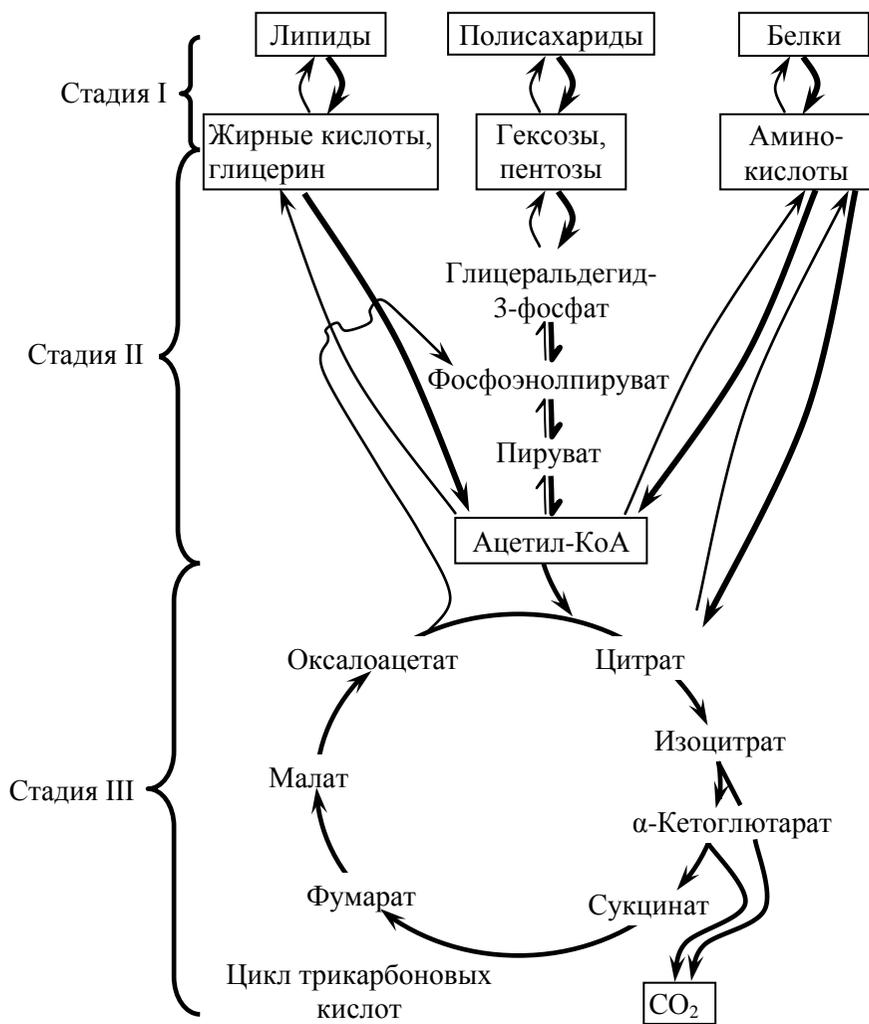


Рисунок 10.1 – Три стадии катаболизма и анаболизма. Жирные стрелки – катаболические пути, тонкие – анаболические. Стадия III носит название амфиболической. На этой стадии завершается разрушение пищевых молекул до  $\text{CO}_2$ , и она же поставляет низкомолекулярные предшественники для анаболических процессов. Заимствованно у А. Ленинджер (1974)

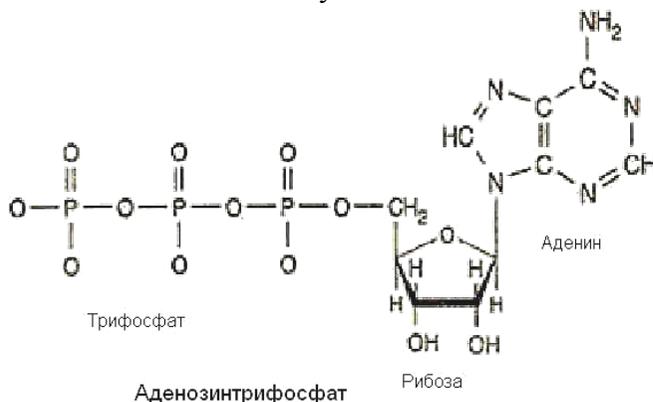
## Глава 10. Обмен энергии

### 10.1. Химическая энергия и ее переносчики

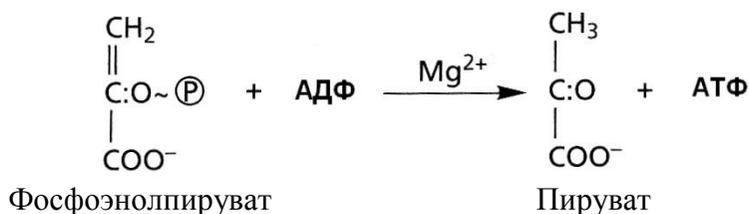
Химические реакции, происходящие в организме животных в процессе промежуточного обмена, сопровождаются поглощением или освобождением энергии. Та часть освобожденной энергии, которая становится доступной, чтобы делать работу, называется свободной энергией, обозначается  $\Delta G$ , как изобарно-изотермический потенциал, или энергия Гиббса (живая клетка в любой момент имеет одинаковую температуру, то есть изотермична, и имеет практически одинаковое давление, т.е. изобарична).

Реакции, в результате которых происходит освобождение (отдача) энергии, называются экзергоническими,  $\Delta G$  является отрицательной ( $\Delta G^-$ ). Реакции, происходящие с поглощением энергии, называются эндергоническими,  $\Delta G$  является положительной ( $\Delta G^+$ ). Для лучшего понимания эти реакции можно сравнить с реакциями в неорганической химии. Одни реакции происходят с выделением тепла и потерей его в окружающую среду (например, добавление концентрированной серной кислоты в воду), их называют экзотермическими реакциями ( $\Delta G$  отрицательная), другие с поглощением тепла из окружающей среды – это эндотермические реакции ( $\Delta G$  положительная).

Большинство реакций синтеза веществ в теле животных являются эндергоническими, и потребная энергия для их осуществления получается из экзергонических катаболических реакций. Освобожденная энергия может быть использована для синтеза новых веществ с помощью посредников, которые принимают участие в обоих процессах, забирая энергию из одного и перенося ее другому. Типичными промежуточными посредниками 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 неорганического фосфата (Рн) дает аденозиндифосфат (АДФ) и затем аденозинтрифосфат (АТФ). При таких реакциях в клетке АТФ и АДФ функционируют в комплексе с магнием  $MgATP^{2-}$  и  $MgADP^{-}$ , в некоторых реакциях в комплексе с марганцем  $MnATP^{2-}$ . 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 + фосфат.



Свободная энергия АТФ выделяется при гидролизе, ее потенциал  $\Delta G = -50$  кДж. Когда АТФ образуется из АДФ во время реакции, как в этом примере, процесс называется фосфорилированием на субстратном уровне. Альтернативно АТФ может быть произведен непрямым способом.

В основе большинства биологических реакций окисления лежит процесс отщепления водорода (H) от субстрата, однако окончательное его соединение с кислородом, чтобы образовать воду, происходит только в конце серии реакций. Типичным примером является отщепление водорода никотинамидадениндинуклеотидом (НАД<sup>+</sup>) для окисления изоцитрата до α-глутарата.

Отрицательно заряженный кислород соединяется с двумя протонами водорода, образуя воду (H<sub>2</sub>O). В процессе этого пути АТФ образуется из АДФ и неорганического фосфата (Рн), процесс называется **окислительным фосфорилированием**. Он происходит в митохондриях с помощью восстановленного НАД<sup>+</sup>, произведенного в них.



В простейшем изложении животные получают энергию в результате окисления питательных веществ кормов:



В случае окисления одной моли глюкозы (180г.):



Энергия, зафиксированная в АТФ, может быть использована для механической работы, для осуществления жизненных процессов при поддержании животных и синтеза продукции – молока, мяса, яиц и др. Как сокращение, так и расслабление мускулов включают реакции, требующие энергии, которая обеспечивается за счет распада АТФ до АДФ и неорганического фосфата. Энергия, фиксированная в АТФ, может быть использована для осуществления реакций, в которых фосфатная группа отдается большому разнообразию акцепторных молекул. Среди них находится D-глюкоза:



В этом пути глюкоза заряжается энергией для последующих биосинтетических реакций. В других случаях, таких как первая стадия синтеза жирных кислот, АТФ отдает энергию и разрушается до АМФ и неорганического фосфата.



Роль АТФ в снабжении и использовании энергии может быть показана на рис. 10.2.

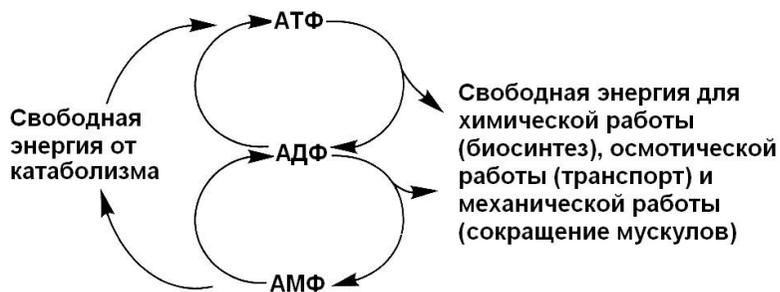
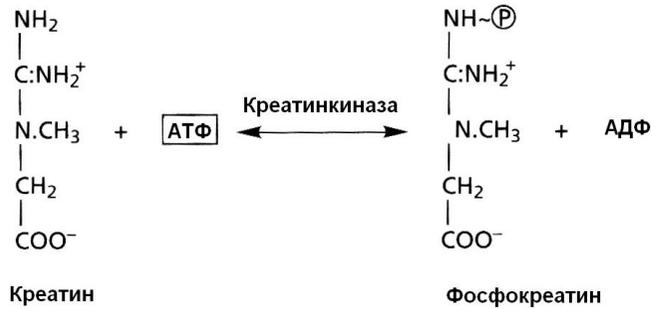


Рисунок 10.2 – Роль АТФ в использовании энергии

Количество энергии, которое становится доступным в результате потери каждой из двух концевых фосфатных связей АТФ, варьирует в зависимости от условий, где происходит гидролиз. Сейчас сложилось согласие, что в условиях интактной клетки она составляет около 50 кДж/моль, однако, количество изменяется в зависимости от рН, концентрации ионов  $\text{Mg}^{++}$  и концентрации АТФ, АДФ и фосфата. Фосфатные связи относятся к высокоэнергетическим связям, и представляются в виде  $\sim[\text{P}]$ .

Фиксация энергии в форме АТФ является мимолетным феноменом, и энергия, произведенная в избытке от потребности, запасается в более стабильной форме в таких веществах как фосфокреатин мускулов, который образуется из креатина, когда АДФ имеется в избытке.



Когда АТФ не хватает, чтобы обеспечить потребность в энергии, то больше АТФ производится из фосфокреатина путем обратной реакции. Даже если материалы, подобные фосфокреатину, окажутся недостаточными, то и эти временные запасы не единственные. Большое количество энергии запасается в теле в жировых депо и небольших запасах углеводной энергии в виде гликогена. В определенных условиях и белок может быть источником энергии.

В дополнение к использованию этой запасной энергии, тело берет энергию непосредственно из питательных веществ, всосавшихся в пищеварительном тракте. Главным из них у моногастричных животных являются глюкоза, у жвачных животных летучие жирные кислоты занимают такое же место.

## 10.2. Глюкоза как источник энергии. Гликолиз

Глюкоза участвует в следующих реакциях:

**Гликолиз.** Анаэробная оксидация молекул глюкозы через 10 энзиматических реакций, чтобы получить две молекулы пирувата. Реакция идет в цитоплазме клеток

Микроорганизмы (бактерии, дрожжи, мицелии грибов) облигатно и факультативно живущие в анаэробных условиях, превращают пируват в молочную кислоту, как это, например, происходит в рубце жвачных.

Гликолиз до образования пирувата является общей схемой в распаде глюкозы и у животных. Однако у животных полный распад глюкозы до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$  происходит в присутствии кислорода, доставляемого в клетки в процессе дыхания, т.е. в аэробных условиях - в цикле трикарбоновых кислот. Гликолиз + цикл трикарбоновых кислот называют гликолизным катаболическим путем.

**Гликогенолиз.** Расщепление гликогена для производства глюкозы и утилизации в гликолизном катаболическом пути.

**Гликогенез.** Синтез гликогена из глюкозы, происходит при избытке глюкозы.

**Глюконеогенез.** Синтез глюкозы из неуглеводных источников (пропионата, заменимых и незаменимых аминокислот, глицерола). Име-

ет важное значение при голодании, во время стресса (роды, послеродовое состояние). Особенно важна у жвачных из-за расхода углеводов рациона в результате их ферментации в рубце на синтез летучих жирных кислот.

**Гликолиз.** Последовательные реакции гликолиза (путь Эмбден – Мейергофа) катализируются группой из 11 ферментов, локализованных в цитоплазме клеток (рис. 10.3). Различают две стадии гликолиза.

На первой стадии глюкоза дважды фосфорилируется за счет АТФ, образуя фруктозо-1,6-фосфат. Последний расщепляется с образованием двух молекул трехуглеродного соединения – глицеральдегид-3-фосфата и диоксиацетонфосфата, который также превращается в глицеральдегид-3-фосфат под воздействием фермента триозофосфатизомеразы. Поэтому две молекулы глицеральдегидфосфата образуется на первой стадии гликолиза. В последующих реакциях обе половинки молекулы глюкозы претерпевают одинаковые изменения.

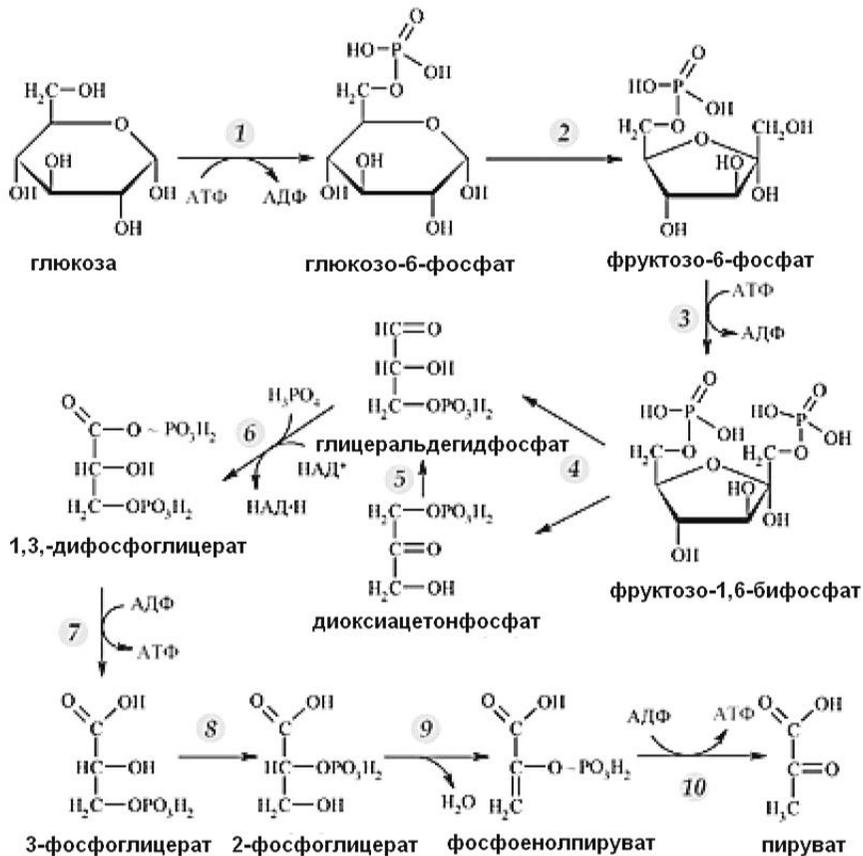


Рисунок 10.3 – Схема распада глюкозы в процессе анаэробной оксидации. В схеме не указан конечный продукт- молочная кислота (лактат); об этом будет сказано ниже

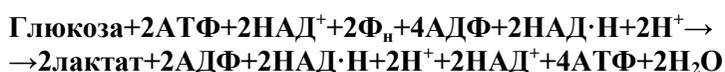
Первую стадию гликолиза можно рассматривать как подготовительный или накопительный процесс.

Вторая стадия включает окислительно – восстановительные реакции и реакции фосфорилирования, в процессе которых образуется АТФ. Начиная с глицеральдегид-3-фосфата на последующих этапах окислительно-восстановительных реакций образуются АТФ и пировиноградная кислота (пируват). Процесс запасания высвобожденной энергии в АТФ катализируется ферментом глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназой.

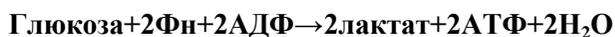
Важным участником реакции является окисленный НАД<sup>+</sup>, присоединяющий электроны от альдегидной группы D-глицеральдегида-3-фосфата. Символом НАД обозначается окислительно-восстановительный кофермент никотинамидадениндинуклеотид. Он служит переносчиком электронов от D-глицеральдегида-3-фосфата, играющего роль донора электронов, к пирувату, образующемуся на более поздней стадии гликолиза. Молекула НАД<sup>+</sup> обозначает окисленную форму НАД, содержит положительно заряженные участки пиридинникотинамида.

Все реакции в этом пути обратимы, однако, реакции 1, 3, 8 и 11 имеют большую отрицательную ΔG величину в физиологических условиях и, естественно, необратимы. Два моля АТФ используются в начале фосфорилирования на этапах 1 и 3. Впоследствии, один моль АТФ производится непосредственно при каждом 8 и 11 этапах. Четыре моля АТФ, таким образом, получены из одного моля глюкозы. Так как два моля АТФ расходуется, то чистая продукция АТФ из АДФ составляет два моля из одного моля глюкозы. В процессе анаэробного окисления пируват превращается в молочную кислоту.

Суммарная реакция гликолиза:



Вычеркнув в правой и левой частях уравнения одни и те же члены, получим:



Суммарный результат состоит в превращении одной молекулы глюкозы в две молекулы лактата, и двух молекул АДФ в две молекулы АТФ; кроме того, от глицеральдегид-3-фосфата к пирувату переносится 4 электрона в форме 2НАД·Н+2Н<sup>+</sup>

В анаэробных условиях нет кислорода для окисления восстановленного НАД<sup>+</sup> путем окислительного фосфорилирования. Оксидация восстановленного НАД<sup>+</sup> может произойти в результате образования лактата из пирувата в присутствии лактат-дегидрогеназы:

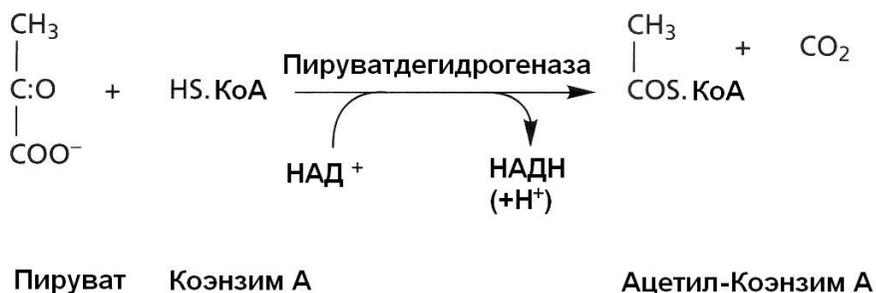


Лактат- конечный продукт гликолиза в анаэробных условиях. Когда мышечные клетки высших животных в моменты сильной мышечной нагрузки функционируют при недостатке кислорода, в них образуются большое количество лактата. Утомление обусловлено сдвигом рН в кислую сторону за счет лактата. В последующем молочная кислота из клеток поступает в кровь, затем в печень, где превращается в глюкозу. Гликолиз происходит также при бактериальном сбраживании источников глюкозы и других моносахаридов в рубце жвачных.

**Цикл трикарбоновых кислот.** В процессе гликолиза высвобождается лишь очень незначительная часть той химической энергии, которая потенциально может быть извлечена из молекулы глюкозы. При полном окислении глюкозы, т.е. при ее окислении до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , высвобождается намного больше энергии, чем при гликолизе.

Ацетильные группы, образовавшиеся из углеводов, жиров, аминокислот на 2-ой стадии гликолиза вступают в третью стадию, т.е. цикл трикарбоновых кислот (его называют также циклом лимонной кислоты или циклом Кребса) – общий конечный путь окислительного катаболизма всех видов клеточного топлива в аэробных условиях (рис. 10.4).

Полученная путем гликолиза пировиноградная кислота (пируват) окисляется до уксусной кислоты (ацетата) в форме ацетильного производного ацетил-КоА. Превращение пирувата в ацетил-КоА является необратимым процессом и катализируется пируватдегидрогеназным комплексом, состоящим из трех ферментов и пяти коферментов: НАД, ФАД, ТПФ, амида липоевой кислоты, **CoA**.



Этот процесс не является частью цикла трикарбоновых кислот, но благодаря ему углеводы через пируват включаются в цикл трикарбоновых кислот. КоА выполняет функцию переносчика ацетильных групп, точно так же, как АТФ выполняет функцию переносчика фосфатных

групп. В образовании ацетил-КоА участвуют карбоксильная группа уксусной кислоты и тиоловая группа (серусодержащая) β-меркаптоэтиламина, входящего в состав КоА.

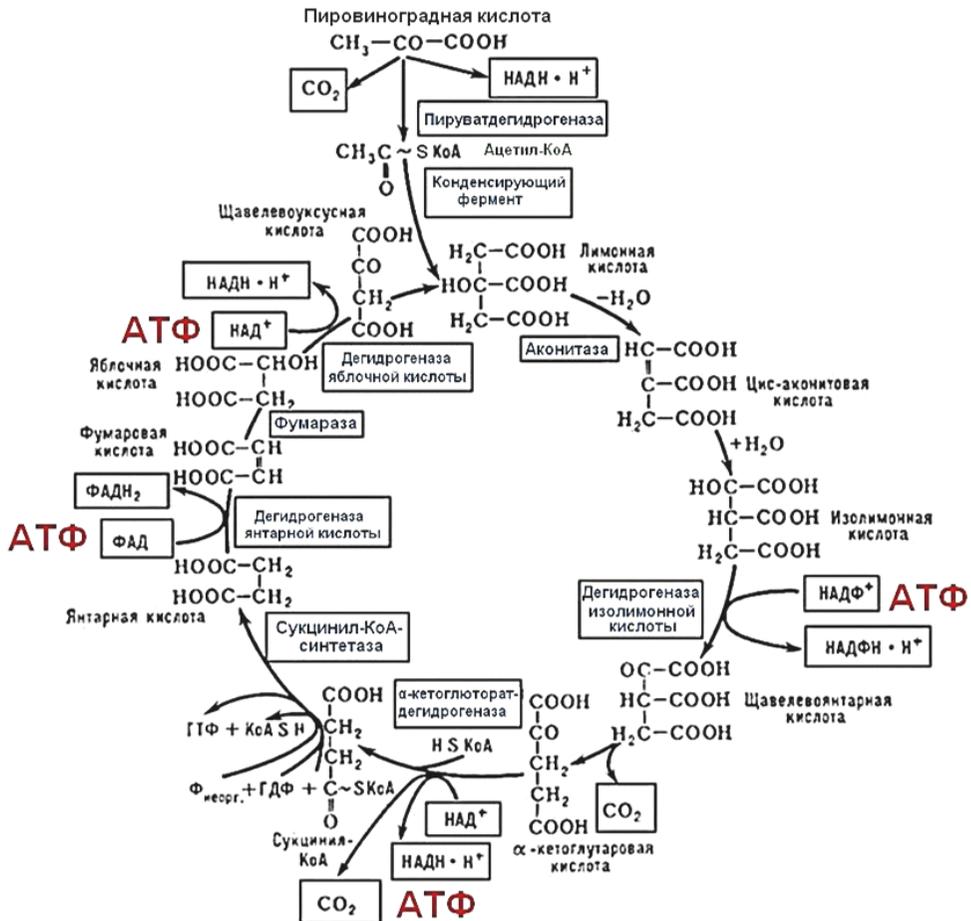


Рисунок 10.4 – Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса). В квадратах внутри цикла даны названия ферментов

Цикл начинается с конденсации щавелевоуксусной кислоты (оксалоацетата) с ацетил-КоА с образованием лимонной кислоты (цитрата) и КоА. Реакция катализируется цитратсинтетазой. Далее цитрат изомеризуется в изолимонную кислоту (изоцитрат) через стадию образования цис-аконитовой кислоты (цис-аконитата). Изоцитрат под действием изоцитратдегидрогеназы превращается в α-кетоглутаровую кислоту (α-кетоглутарат). Коферментом изоцитратдегидрогеназы является НАД. Дальше α-кетоглутарат под действием α-кетоглутаратдегидрогеназного комплекса, содержащего НАД, ФАД, КоА, ТПФ и амида липоевой кислоты в качестве коферментов, превращается в сукцинил-КоА. На этом этапе происходит окислительное декарбоксилирование. В сукцинил-КоА имеется связь, богатая энергией. При гидролизе сукцинил-КоА об-

разуется около 33 кДж/моль, что сравнимо с величиной энергии, необходимой для синтеза АТФ (~30,5 кДж/моль).

Затем янтарная кислота (сукцинат) под действием сукцинатдегидрогеназы, содержащей ФАД в качестве кофермента, превращается в фумаровую кислоту (фумарат). На следующей стадии фумаровая кислота (фумарат) подвергается реакции гидратации с образованием яблочной кислоты (малата). Яблочная кислота под действием НАД-зависимой малатдегидрогеназы превращается в щавелевоуксусную кислоту. Следовательно, в цикле происходит регенерация щавелевоуксусной кислоты, что обеспечивает функционирование цикла трикарбоновых кислот.

3 НАДН и ФАДН<sub>2</sub>, образующиеся в цикле трикарбоновых кислот, окисляются в дыхательной цепи (или в цепи переноса электронов). Генерирование АТФ происходит при транспорте электронов от этих переносчиков на О<sub>2</sub>. На каждую молекулу НАДН в митохондриях образуется 3 АТФ, а на 1 молекулу ФАДН<sub>2</sub> – 2 молекулы АТФ. Следовательно, в процессе окислительного фосфорилирования образуется 11 АТФ.

Кроме того, 1 моль АТФ образуется при переходе сукцинил-КоА в сукцинат. Окисление каждого моля пирувата, таким образом, дает 15 молей АТФ. Общая продукция АТФ при окислении одного моля глюкозы:

	Молей АТФ	
	+	-
1 моль глюкозы до 2 молей пирувата	10	2
2 моля пирувата до 2 молей ацетил-СоА	6	0
2 моля ацетил-СоА до СО <sub>2</sub> и Н <sub>2</sub> О	24	0
Всего на моль глюкозы	38	

Выход энергии при образовании 38 высокоэнергетических фосфатных связей может быть рассчитан как  $38 \times 50 = 1900$  кДж/моль глюкозы. Общее содержание свободной энергии глюкозы 2870 кДж/моль. Эффективность выхода энергии в виде АТФ в теле, таким образом, составляет  $1900/2870 = 0,66$ . Остальная энергия – 0,34, или 34%, теряется в виде тепла. Перенос восстановленного НАД<sup>+</sup>, произведенного во время гликолиза, включает глицерофосфатный челнок, выход АТФ составляет только 2 моля на моль, поэтому выход АТФ при окислении каждого моля глюкозы составит 36 молей. Коэффициент эффективности образования свободной энергии будет равен:  $36 \times 50 / 2870 = 0,63$ . Такие расчеты признаются объективным для реакций при нормальных условиях в клетке.

**Дыхательная цепь** (ферменты тканевого дыхания) – это переносчики протонов и электронов от окисляемого субстрата на кислород. Молекулярный кислород непосредственно не участвует в цикле трикарбоновых кислот. Однако цикл функционирует лишь в аэробных условиях

поскольку НАД<sup>+</sup> и ФАД в митохондриях могут генерироваться только при переносе электронов на молекулярный кислород.

Дыхательная цепь состоит из: 1) НАД – зависимой дегидрогеназы; 2) ФАД – зависимой дегидрогеназы; 3) Убихинона (**КоQ**); 4) Цитохромов: **b**, **c**, **a+a<sub>3</sub>**.

НАД-зависимые дегидрогеназы. В качестве кофермента содержат НАД и НАДФ. Пиридиновое кольцо никотинамида способно присоединять электроны и протоны водорода.

ФАД и ФМН-зависимые дегидрогеназы содержат в качестве кофермента фосфорный эфир витамина **B<sub>2</sub>** (ФАД).

Убихинон (**КоQ**) отнимает водород у флавопротеидов и превращается при этом в гидрохинон.

Цитохромы – белки -хромопротеиды, способные присоединять электроны благодаря наличию в своем составе в качестве простетических групп железопорфиринов. Они принимают электрон от вещества, являющегося более сильным восстановителем, и передают его более сильному окислителю.

В цитохроме **c**-порфириновая плоскость ковалентно связана с белком через два остатка цистеина, а в цитохромах **b** и **a** она ковалентно не связана с белком.

В цитохроме **a+a<sub>3</sub>** (цитохромоксидазе) вместо протопорфирина содержится порфирин А, который отличается рядом структурных особенностей. В отличие от гема гемоглобина атом железа в цитохромах может обратимо переходить из двух в трехвалентное состояние; это обеспечивает транспорт электронов.

**Пентозофосфатный путь.** Наряду с циклом трикарбоновых кислот существует другой путь расщепления глюкозы. Первая реакция на этом пути – окисление глюкозо-6-фосфата до 6-фосфоглюконата. Фосфоглюконатный путь (известный также как пентозофосфатный путь или гексозомонофосфатный шунт) не является главным путем окисления глюкозы. Его основное назначение состоит в том, чтобы генерировать в цитоплазме восстановитель в форме НАД·Н. Его функция особенно важна для клеток, в которых идет восстановительный синтез жирных кислот и стероидов; к ним относятся клетки печени, молочной железы, жировой ткани и коры надпочечников. В скелетных мышцах фосфоглюконатного пути практически нет. Вторая функция этого пути заключается в образовании пентозы, главным образом, D – рибозы для синтеза нуклеиновых кислот. Ступени этого пути на рисунке 10.5.

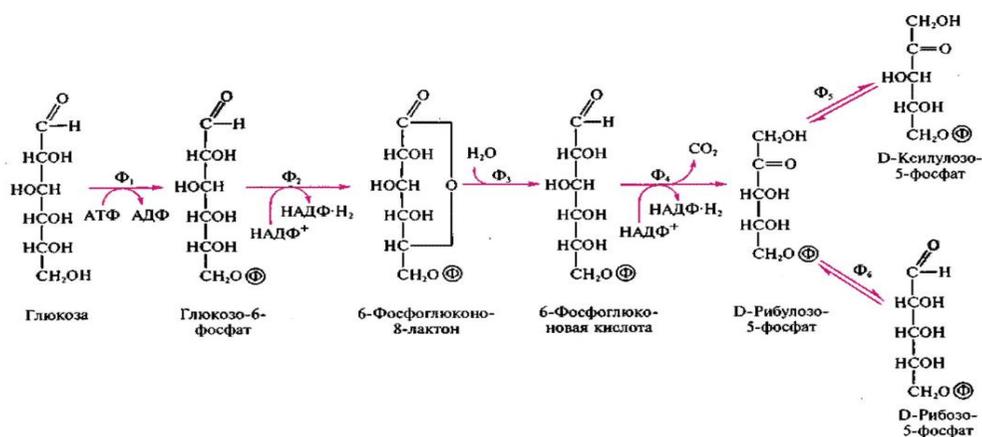


Рисунок 10.5 – Схема пентозо-фосфатного пути

В отличие от восстановленного  $\text{NAD}^+$  восстановленный  $\text{NADP}^+$  не подвергается окислительному фосфолированию для получения АТФ, и главная функция пентозо-фосфатного пути состоит в том, чтобы произвести восстановленный  $\text{NADP}^+$  для тканей, которые имеют специфическую в нем потребность, в частности, в тех, где активно синтезируются жирные кислоты. Почти одна треть глюкозы, метаболизированной печенью, может проходить этим путем, его уровень выше в жировой ткани. Восстановленный  $\text{NADP}^+$  может быть конвертирован в восстановленный  $\text{NAD}^+$  через энерго-связанную трансгидрогеназу и, таким образом, быть непрямым источником энергии, наподобие АТФ.

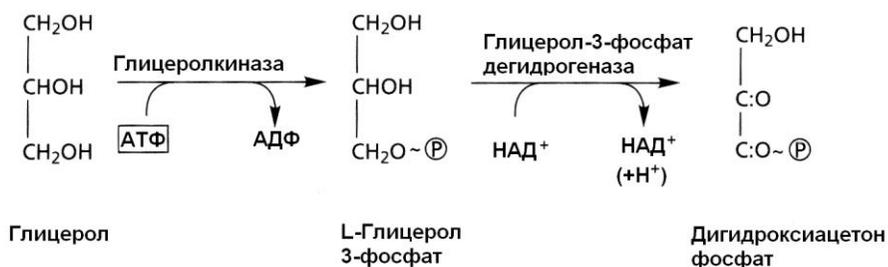
### 10.3. Гликоген как источник энергии

Гликоген – основная форма запаса углеводов у животных, присутствует в большинстве клеток. Он может составлять до 8% свежей печени и до 1% в мускулах. Освобождение энергии из гликогена в утилизируемой форме требует его расщепления до глюкозы, которая затем распадается, как это описано выше. Распад гликогена в клетках происходит благодаря действию неорганического фосфата и гликогеновой фосфорилазы. Этот фермент катализирует разрыв 1,4-гликозидных связей гликогена, и деградация начинается от нередуцированного конца цепи. Молекулы глюкозо-1-фосфат освобождаются до тех пор, пока не достигнут точки разветвления. Перестройка молекулы после этого происходит в присутствии олиготрансферазы, и образуются короткие декстрины с концевыми 1,6-связями с глюкозой. Под воздействием олиго-1,6-глюкозидазы на 1,6 связи освобождается глюкоза, и под действием фосфорилазы производится глюкозо-1-фосфат. Итогом расщепления гликогена является продукция глюкозо-1-фосфат плюс немного глюкозы. Глюкозо-1-фосфат превращается под воздействием фосфоглюкомутазы в глюкозо-6-фосфат, который входит в Эмбден-Мейергоф или пентозо-фосфатный пути, как это происходит с остатками глюкозы. Произ-

веденный глюкозо-6-фосфат из гликогена не включается в систему АТФ за исключением глюкозо-6-фосфата, который используется в конверсии остаточной глюкозы в глюкозо-6-фосфат. Производство энергии из гликогена является, таким образом, несколько более эффективным, чем это происходит из глюкозы, поступившей из пищеварительного тракта.

### 10.4. Жир как источник энергии

Запасы триглицеридов в теле мобилизуются, чтобы обеспечить энергией, под действием липаз, которые катализируют получение глицерола и жирных кислот. Глицерол является гликогенным и включается в гликолитический путь как дигидроацетонфосфат, полученный в соответствии со следующей реакцией:



Глюкоза может затем быть произведена путем обратимой альдолазной реакции для получения фруктозо-1,6-дифосфата, который превращается в глюкозу под действием гексозной дифосфатазы, глюкозо-6-фосфат изомеразы и глюкозо-6-фосфатазы. Если глюкоза используется для производства энергии (на 1 моль глюкозы расходуется 2 моля глицерола), эффективность глицерола как источника энергии составит:

	Молей АТФ	
	+	-
2 моля глицерола до 2 молей дигидроксиацетон фосфата	6	2
2 моля дигидроацетон фосфата до 1 моля глюкозы		
1 моль глюкозы до <b>CO<sub>2</sub></b> и <b>H<sub>2</sub>O</b>	38	
Всего	44	2
Чистый выход АТФ на 1 моль глицерола	21	

С другой стороны дигидроксиацетонфосфат может включаться в гликолитический путь и метаболизироваться через пируват и цикл трикарбоновых кислот до **CO<sub>2</sub>** и **H<sub>2</sub>O** с получением энергии. Эффективность глицерола в этих условиях будет такой:

	Молей АТФ	
	+	-
1 моль глицерола до 1 моля дигидроксиацетонфосфата	3	1
1 моль дигидроксиацетона до 1 моля пирувата	5	
1 моль пирувата до <b>CO<sub>2</sub></b> и <b>H<sub>2</sub>O</b>	15	
Всего	23	1
Чистый выход АТФ на 1 моль глицерола	22	

Основная доля энергии, производимая из жира, приходится на жирные кислоты. Главный путь их деградации является  $\beta$ -окисление, который приводит к поступательному укорочению углеродной цепи путем отрыва каждый раз по два углеродных атома. Первой стадией реакции  $\beta$ -окисления является реакция жирной кислоты с коэнзимом А в присутствии АТФ и жироацил-КоА лигазы, чтобы получить ацил-Ко А. Это происходит в цитозоле и жироацил-КоА затем переходит в митохондрии в виде комплекса с карнитином и там регенерируется. Затем он подвергается серии реакций с получением ацил-Ко А при уменьшении на два углеродных атома по сравнению с их количеством в начале, при этом 1 моль ацетил-КоА освобождается.

В течение отрывов по два-углеродных ацетил-КоА производится эквивалент, равный 5 молям АТФ. Остающийся ацилкоэнзим подвергается такой же серии реакций, и процесс продолжается до тех пор, пока углеродная цепь полностью не превратится в ацетил-коэнзим А. Он включается в цикл трикарбоновых кислот и окисляется до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , каждый моль ацетил-СоА метаболизируется с образованием 12 молей АТФ. Так как начальная лигазная реакция единственно необходима один раз для каждой молекулы, то больше АТФ производится в течение процесса образования энергии с помощью окисления длинной, чем короткой цепи кислот. Окисление 16-углеродной пальмитиновой кислоты (пальмитата) показано на рисунке 10.6.

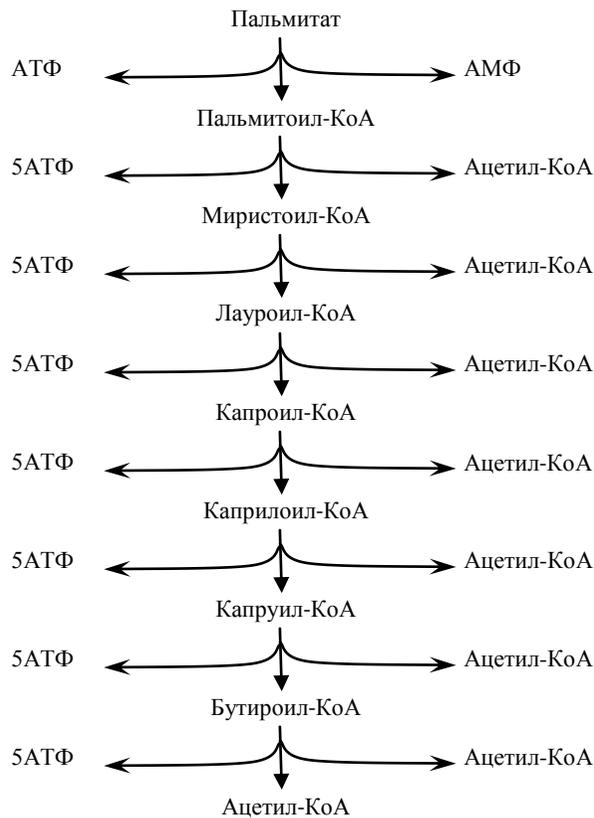


Рисунок 10.6 –  $\beta$ -окислация пальмитиновой кислоты (пальмитата)

Продукцию энергии в этой последовательности можно суммировать так:

	Молей АТФ	
	+	-
1 моль пальмитата в пальмитоил-КоА		2
1 моль пальмитоил-КоА в 8 молей ацетил-КоА	35	
8 молей ацетил-КоА в $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$	96	
Всего	131	2
Чистый выход АТФ на 1 моль пальмитата	129	

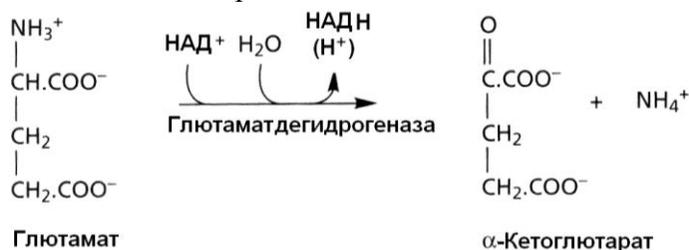
### 10.5. Аминокислоты как источники энергии

Когда аминокислоты присутствуют в избытке от потребности животного или когда животному необходимо катаболизировать ткани тела, чтобы поддержать необходимые энергетические процессы, аминокислоты могут быть использованы для обеспечения энергией. Дегградация аминокислот происходит во всех тканях, но, главным образом, в печени; почки также активны в этом плане. Мускульные ткани малоактивны.

Первая стадия в оксидативной дегградации аминокислот – это отщепление аминогруппы с помощью одного или другого из двух главных процессов, окислительного дезаминирования и переаминирования (трансаминирования). При переаминировании аминогруппа переносится на  $\alpha$ -углеродный атом кето-кислоты, обычно, на  $\alpha$ -кетоглутарат, в результате образуется другая кето-кислота и глутаминовая кислота (глутамат). Реакция катализируется энзимами аминотрансферазами. Реакция для аспарагиновой кислоты (аспартата):



Глутамат, таким путем образованный, а также глутамат, который поступает из пищеварительного тракта и при расщеплении белков тканей, может подвергаться окислительному дезаминированию в присутствии глутаматдегидрогеназы:



$\alpha$ -кетоглутарат может затем быть использован в последующем трансаминировании, и восстановленный коэнзим окисляется путем окислительного фосфорилирования.

Глютамат является единственной аминокислотой в ткани млекопитающих, который подвергается окислительному дезаминированию с высокой скоростью. Начальное трансаминирование – наиболее важный этап для использования аминокислот как источников энергии. Флавиносвязанные D- и L-аминокислотные оксидазы, которые катализируют образование кето-кислот и аммиака, имеются, но их значение крайне слабое. Конечным продуктом деградации аминокислот является ацетил-коэнзим А, который затем проходит через цикл трикарбоновых кислот для получения энергии. Ацетил-коэнзим А может получаться напрямую (как в случае триптофана, изолейцина и лейцина), через пируват (аланин, глицин, серин, треонин, цистеин), или через ацетоацетил-КоА (фенилаланин, тирозин, лейцин, лизин и триптофан). Другие аминокислоты разрушаются с помощью реакций разной сложности, чтобы получить такие продукты, как  $\alpha$ -кетоглутарат, оксалоацетат, фумарат и сукцинил-КоА, которые вступают в цикл трикарбоновых кислот и дают ацетил-КоА через фосфоэнолпируват.

Одним из последствий катаболизма аминокислот является продукция аммиака, который высокотоксичен. Часть его может быть использована в аминировании при синтезе аминокислот в теле. В этом случае аммиак реагирует с  $\alpha$ -кетоглутаратом и образует глютамат, который затем используется в синтезе. Реакция является обратимой в окислительном дезаминировании, за исключением, что НАДР<sup>+</sup> заменяют НАД<sup>+</sup>. Большая часть аммиака экскретируется из тела в виде мочевины у млекопитающих и мочевой кислоты у птиц.

## 10.6. Образование мочевины и мочевой кислоты

Дезаминирование аминокислот происходит во всех органах тела, однако в наибольшей мере в печени. В большинстве других тканей аммиак используется на образование глутамина или аланина (в мускулах), прежде чем транспортироваться в печень и регенерироваться.

У млекопитающих аммиак превращается в мочевины. Это двухстадийный процесс, требующий энергии в форме АТФ. Первая стадия связана с образованием карбамоилфосфата из двуокиси углерода и аммония в присутствии карбамоилфосфатсинтетазы:



Карбамоил фосфат затем реагирует с орнитином, чтобы начать цикл реакций в образовании мочевины (рис. 10.7).

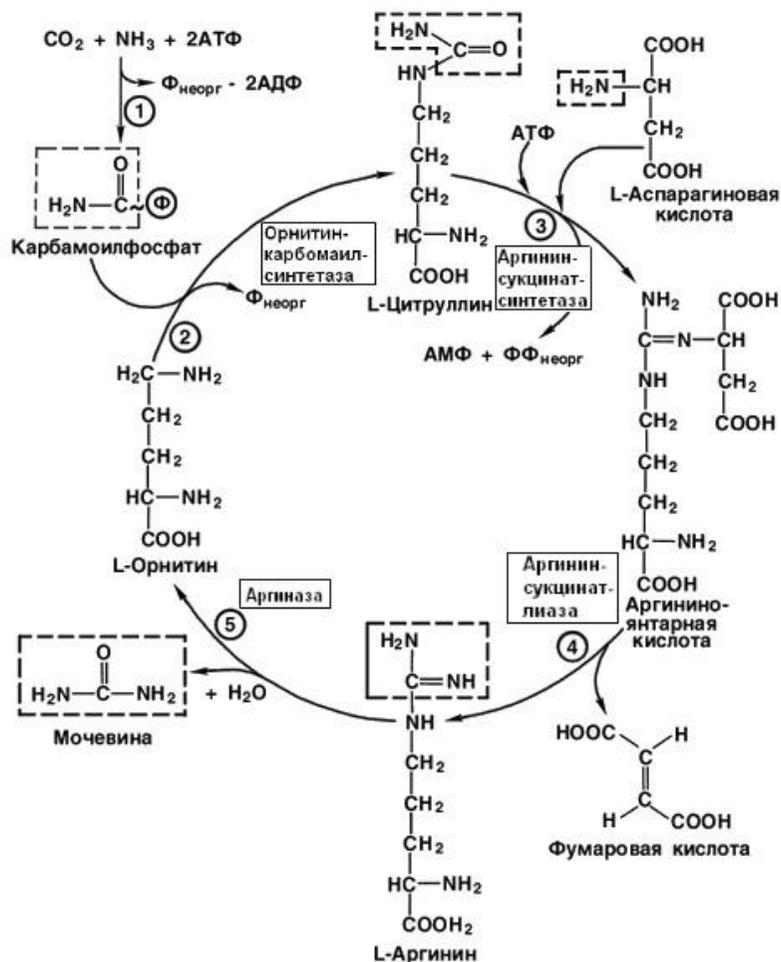


Рисунок 10.7 – Цикл мочевины. В квадратах из сплошных линий указаны ферменты цикла

Аспарат, участвующий в цикле, получается в результате реакции глутамата с оксалоацетатом; глутамат, произведенный из  $\alpha$ -кетоглутарата плюс аммиак, освобождается в результате дезаминирования. Оксалоацетат получается из фумаровой кислоты (фумарата), освобожденной в результате образования аргинина из аргининсукцината, который вступает в цикл трикарбоновых кислот и превращается в малат, а затем оксалоацетат. Затем наступает второй цикл, связывающий цикл мочевины и цикл трикарбоновых кислот, как показано на рисунке 10.8.

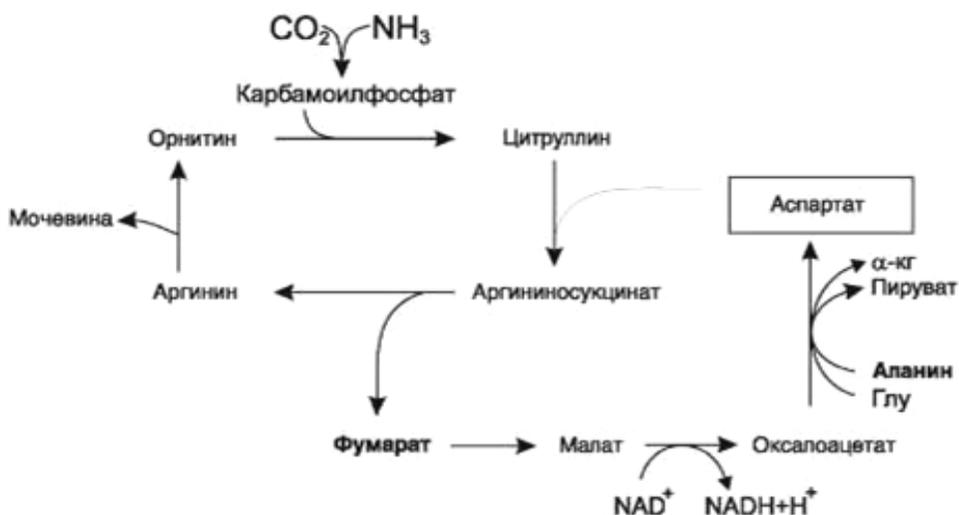
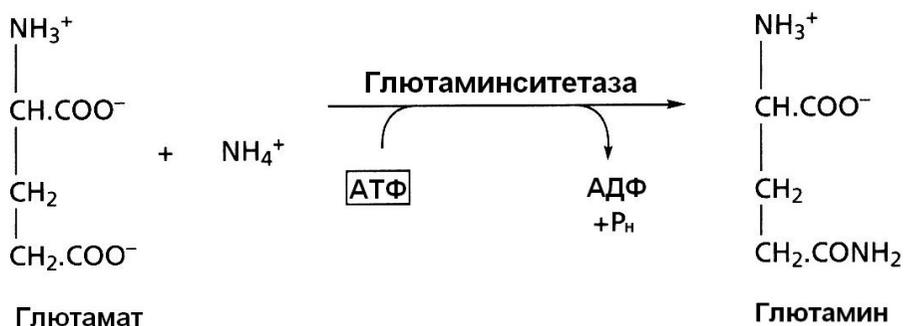


Рисунок 10.8 – Связь цикла мочевины с циклом трикарбоновых кислот

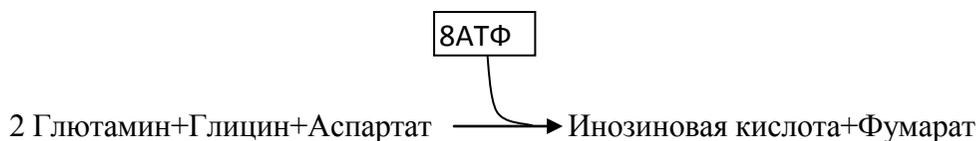
При оценке эффективности производства энергии из аминокислот, энергия, затрачиваемая на синтез мочевины, должна быть установлена и вычтена из энергии, получаемой в результате окисления углеродного скелета. Если взять в качестве примера аспартат, он сначала превращается в оксалоацетат и глутамат путем реакции с  $\alpha$ -кетоглутаратом. Оксалоацетат окисляется через фосфоенолпируватный путь и цикл трикарбоновых кислот. Глутамат дезаминируется в регенерированный  $\alpha$ -кетоглутарат и освобожденный аммиак конвертируется в мочевины. Балансовый расчет представлен ниже:

	Молей АТФ	
	+	-
2 моля аспартата в глутамат+аксалоацетат	0	0
2 моля глутамата в $\alpha$ -кетоглутарат+ $\text{NH}_3$	6	0
2 моля аммиака в глутамин	0	2
1 моль аммиака в карбамоилфосфат	0	2
1 моль цитрулина в аргининосукцинат	0	2
1 моль малата в оксалоацетат	3	0
1 моль аммиака в аспартат	0	3
2 моля оксалоацетата в $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2\text{O}$	30	0
Всего	39	9
Чистый выход из 2 молей аспартата -		30
Чистый выход из 1 моля аспартата		15

У птиц экскреция аммиака идет по пути мочевой кислоты, который включает присоединение аммиака к глутаминовой кислоте с образованием глутамина.



Глютамин затем включается в серию реакций с рибозо-5-фосфатом, глицином и аспаратом для получения инозиновой кислоты, которая содержит пуриновое ядро. Серию реакций можно представить так:



Рибоза-5-фосфатный остаток затем удаляется, образуя гипоксантин. При действии на него ксантиноксидазы, которая опосредует оксидацию, получают ксантин и затем мочевую кислоту (рис. 10.9). У приматов и птиц конечным продуктом является мочевая кислота, у большинства млекопитающих – аллантоин.

Отрыв двух молей аммиака происходит при затратах шести молей АТФ, кроме того два моля глютамата, один моль глицина и один моль аспартата расходуется, при этом производится один моль фумарата.

Эффективность, с которой используются питательные вещества как источники энергии, представлены в таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Энергетическая ценность питательных веществ как источников АТФ.

Вещества	ΔG(кДж/моль)	Молей АТФ на моль вещества	Молей АТФ/100 г вещества	Теплота от сгорания моля АТФ (кДж)
Глюкоза	2870	38	21,2(4)	75,5
Пропионовая кислота	1528	17	22,9(3)	89,9
Уксусная кислота	874	10	16,7(5)	87,4
Масляная кислота	2184	26	38,5(2)	84,0
Аспарагиновая кислота	1568	15	11,4(6)	104,5
Трипальмитин	32025	409	50,7(1)	78,3

Примечание: затраты на получение моля АТФ здесь взяты 86,3 МДж, вообще же принято считать 85,4 МДж.

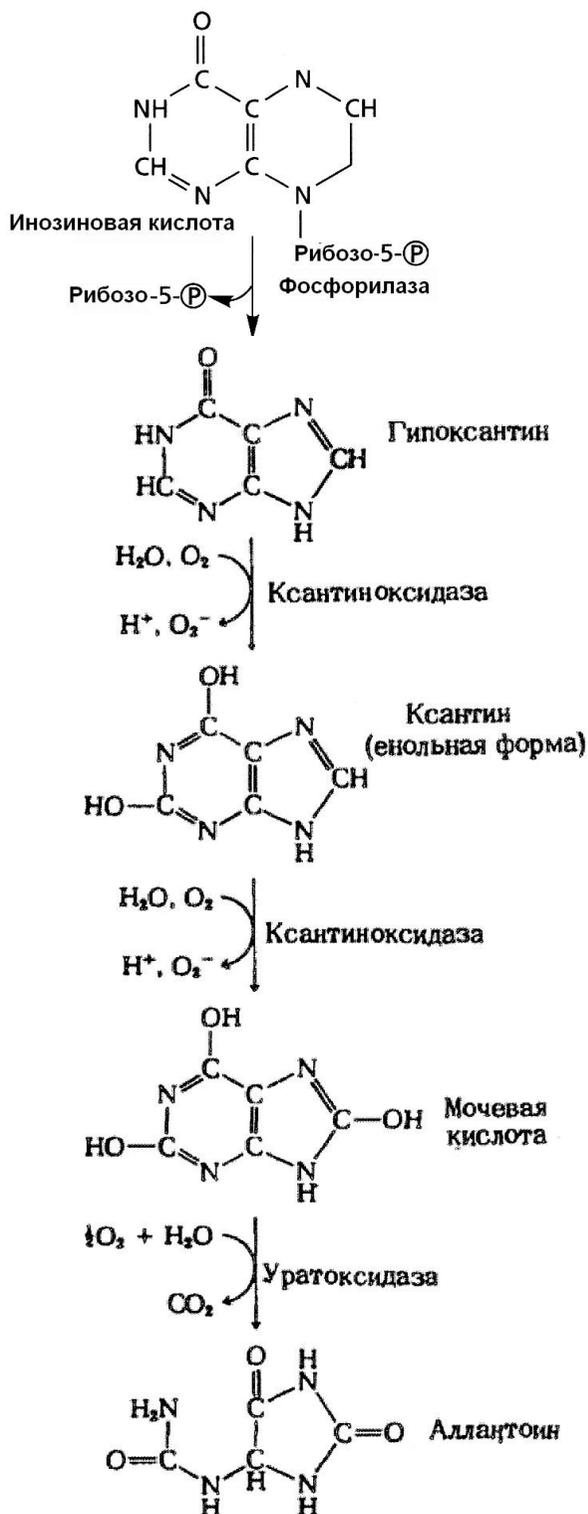


Рисунок 10.9 – Образование мочевой кислоты из инозиновой кислоты

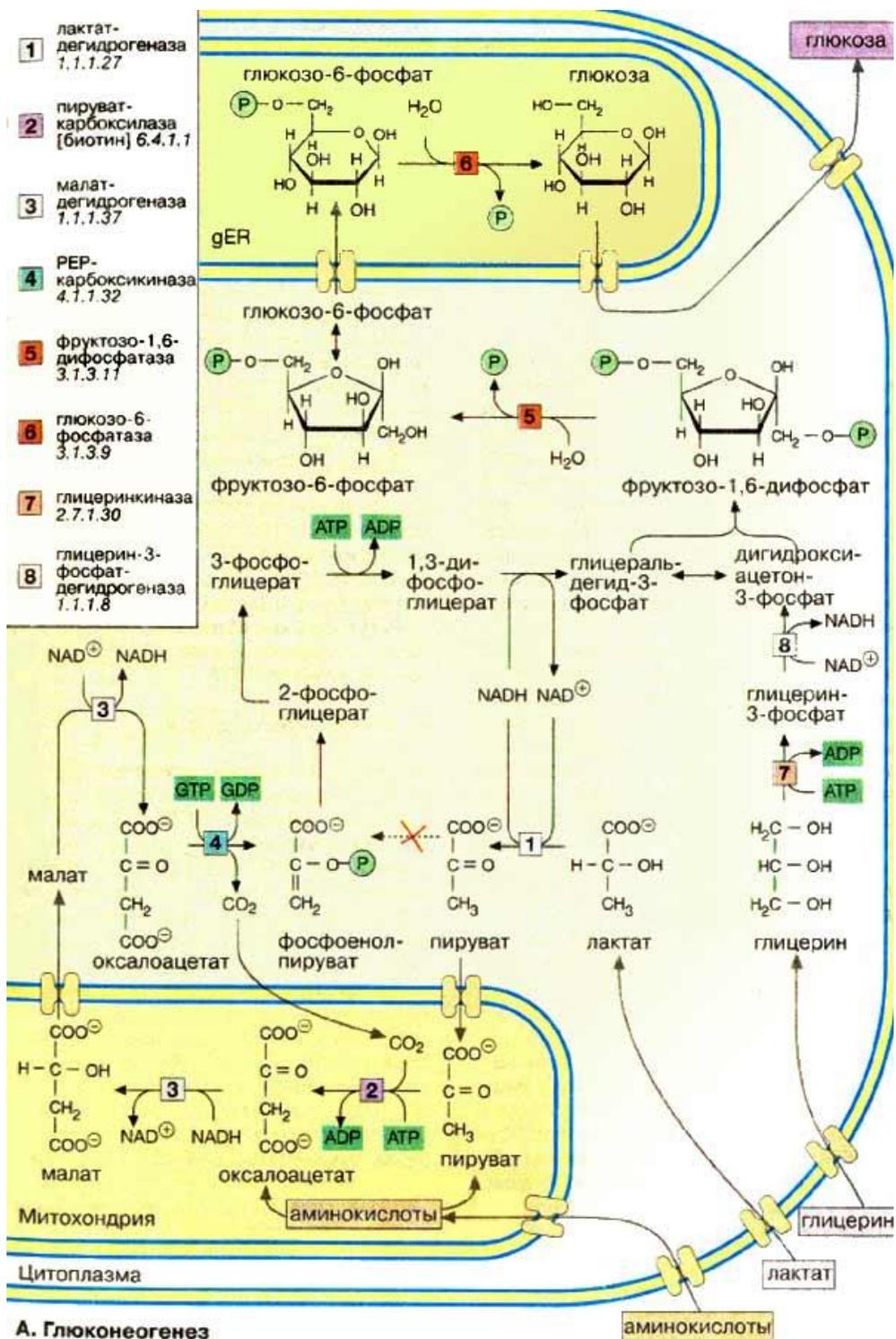
## 10.7. Глюконеогенез

Если получаемое с пищей количество углеводов недостаточно, необходимая концентрация глюкозы в крови может поддерживаться некоторое время за счет расщепления гликогена в печени. Если истощены и эти запасы, в печени запускается синтез глюкозы **de novo**- глюконеогенез. Наряду с печенью высокой глюконеогенезной активностью обладают также клетки почечных канальцев. Исходными соединениями в глюконеогенезе являются аминокислоты мышечной ткани. При длительном голодании это приводит к массивному распаду мышечного белка. Другим важным исходным веществом для синтеза глюкозы служит лактат, образующийся в эритроцитах и мышечной ткани при недостатке  $O_2$ , а также глицерин, образующийся при расщеплении жиров. Жирные кислоты не могут трансформироваться в глюкозу в организме животных. В организме коров за счет глюконеогенеза образуется до 3-4 кг глюкозы в сутки. Наиболее важными источниками глюкозы у жвачных являются пропионат, глицерол и аминокислоты.

Многие реакции глюконеогенеза катализируются теми же ферментами, что и процессы гликолиза. Некоторые ферменты специфичны для глюконеогенеза и синтезируются только по мере необходимости под воздействием гормонов кортизола и глюкагона. На схеме представлена только эта группа ферментов (рис.10.10). В то время как гликолиз протекает в цитоплазме, глюконеогенез происходит также в митохондриях и эндоплазматическом ретикулуме.

Первые стадии реакционной цепи протекают в митохондриях. Для перевода пирувата непосредственно в фосфоенолпируват (ФЕП) недостаточно энергии расщепления АТФ. Пируват, образующийся из лактата или аминокислот, переносится в матрикс митохондрий и там карбоксилируется в оксалоацетат в биотинзависимой реакции, катализируемой пируваткарбоксилазой. Оксалоацетат является промежуточным метаболитом цитратного цикла. Поэтому аминокислоты, которые включаются в цитратный цикл или конвертируются в пируват, могут непосредственно превращаться в глюкозу (глюкогенные аминокислоты). Оксалоацетат, образующийся в митохондриальном матриксе, восстанавливается в малат, который может переноситься в цитоплазму с помощью специальных переносчиков.

В цитоплазме малат при участии малатдегидрогеназы вновь превращается в оксалоацетат, который в реакции, катализируемой ГТФ-зависимой ФЕП-карбоксикиназой, переводится в фосфоенолпируват. Последующие стадии до фруктозо-1,6-дифосфата представляют собой модификации соответствующих реакций гликолиза. При этом для образования 1,3-дифосфоглицерата дополнительно расходуется АТФ.



### А. Глюконеогенез

Рисунок 10.10 – Схема образования глюкозы (глюконеогенез) в клетке печени животных из аминокислот, лактата и глицерина

Две глюконеогенез-специфичные фосфатазы отщепляют по очереди фосфатные остатки от фруктозо-1,6-дифосфата. Промежуточной стадией является изомеризация фруктозо-6-фосфата в глюкозо-6-фосфат. Глюкозо-6-фосфатаза печени является мембранным ферментом, локализованным внутри гладкого эндоплазматического ретикула. Перенос глюкозо-6-фосфата в эндоплазматический ретикулум и возврат образующейся глюкозы в цитоплазму осуществляется специфическими переносчиками. Из цитоплазмы глюкоза поступает в кровь.

Глицерин прежде всего фосфорилируется в положении 3. Образующийся 3-глицерофосфат окисляется НАД<sup>+</sup>-зависимой дегидрогеназой в дигидроксиацетон-3-фосфат, который далее включается в глюконеогенез.

**Образование глюкозы из пропионата.** Живущие в рубце бактерии расщепляют целлюлозу с образованием свободной D-глюкозы. На этом, однако, деятельность бактерий не кончается. Они сбрасывают почти всю глюкозу до лактата и ряда других продуктов, среди которых главную роль играют ацетат, пропионат и бутират. В сутки у коровы поступает из кишечника в кровь не более 100-200 граммов несброженной глюкозы. Однако корове глюкоза нужна не только как клеточное топливо для мозга и других тканей, но также и в качестве предшественника лактозы (молочного сахара) в период лактации.

Потребность в глюкозе у жвачных компенсируется за счет глюконеогенеза, протекающего в печени весьма интенсивно. Лактат, образуемый в рубце бактериями, всасывается в кровь и в печени превращается в глюкозу. Однако более существенный вклад в биосинтез глюкозы в печени делает пропионат. Путь вступления пропионата в глюконеогенез имеет следующие этапы: 1) двуокись углерода «фиксируется», т.е. переходит в органическую форму в результате карбоксилирования пропионил-КоА; 2) глюконеогенезный путь, ведущий от пропионата к глюкозе, включает этап, катализируемый ферментом, содержащим в качестве простетической группы прочно связанную коферментную форму витамина В<sub>12</sub> (рис. 10.11). В реакции, которую он катализирует, сложная смещенная алкильная группа переносится от одного атома углерода к другому, соседнему, в обмен на атом водорода, что приводит к образованию сукцинил-КоА.

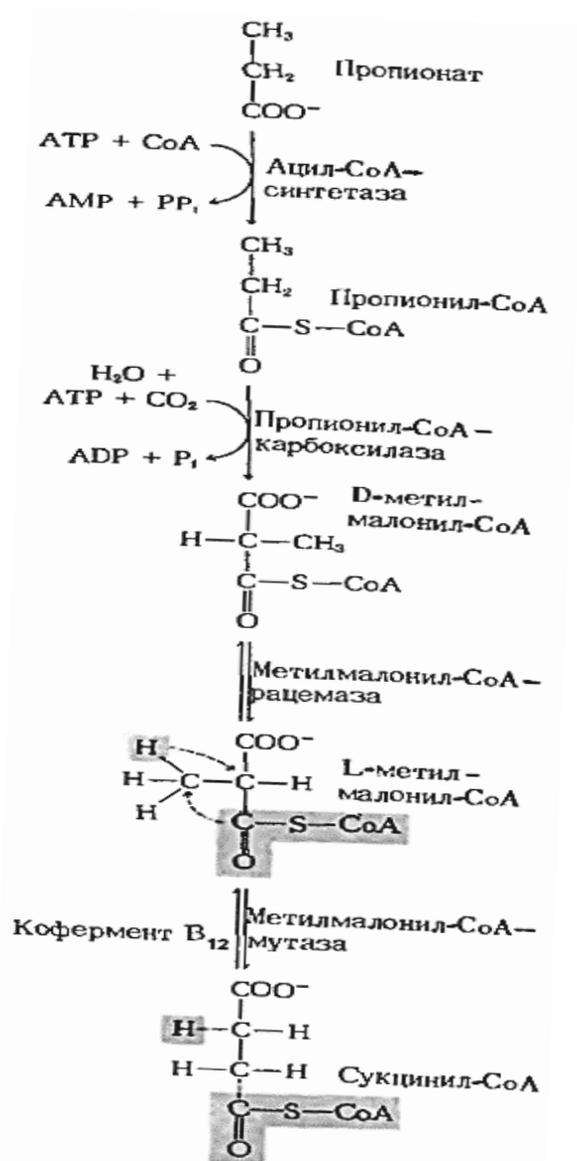


Рисунок 10.11 – Превращение пропионата в сукцинил-КоА, который превращается в фосфоенолпируват и в конечном счете в глюкозу

### Проверочные вопросы:

1. Какие жизненные процессы осуществляет обмен веществ?
2. Какие процессы включает обмен веществ?
3. Стадии катаболизма и анаболизма.
4. Обмен энергии, экзергонические и эндергонические реакции, их характеристика и значение.
5. Основные носители энергии, участвующие в обмене веществ.
6. Глюкоза как источник энергии в окислительных процессах.

7. Гликолиз в анаэробных и аэробных условиях, цикл трикарбонных кислот, продукция АТФ. Основные этапы гликолиза.
8. Жир как источник энергии,  $\beta$ -окисление жирных кислот, продукция АТФ.
9. Аминокислоты как источник энергии, продукция АТФ.
10. Глюконеогенез, основные источники и этапы в пути образования глюкозы.

### **Литература**

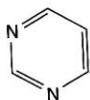
1. Биологический энциклопедический словарь. / гл. редактор М. С. Гиляров. – 2-е изд. исправл. - М.: «Советская энциклопедия», 1989. – 864 с.
2. Ленинджер А. Биохимия. / пер. с англ. под ред. акад. А. А. Баева. - М.: Изд-во «Мир», 1974. - 957 с.
3. Кнорре Д. Г. Биологическая химия / Д. Г. Кнорре, С. Д. Мызина. - М.: «Высшая школа», 1998. - 479 с.

## Глава 11. Биосинтез белка

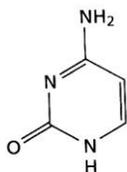
### 11.1. Нуклеиновые кислоты. ДНК, РНК

Нуклеиновые кислоты являются высокомолекулярными веществами, играющими главную роль в живых организмах как хранители генетической информации, которая проявляется в синтезе необходимых организму животных белков. Нуклеиновые кислоты включают азотные компоненты (пурины и пиримидины), пентозы (рибозу или дезоксирибозу) и фосфорную кислоту.

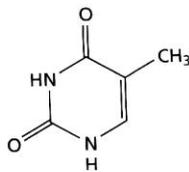
Главные пиримидины, обнаруживаемые в нуклеиновых кислотах, являются цитозин, тимин и урацил:



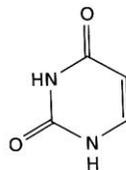
Пиримидин



Цитозин

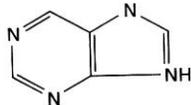


Тимин

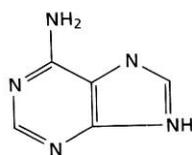


Урацил

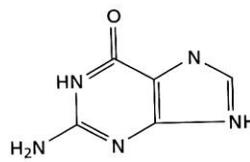
Аденин и гуанин являются основными пуриновыми основаниями, присутствующими в нуклеиновых кислотах:



Пури́н

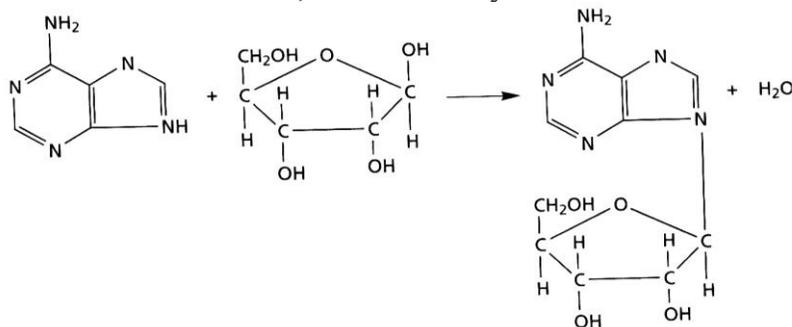


Аде́нин



Гуа́нин

Вещество, образованное в результате присоединения вышеназванных оснований к пентозе, называется нуклеозидом:



Аде́нин

D-ри́боза

Аде́нозин

Нуклеозиды в нуклеиновых кислотах, этерифицируются фосфорной кислотой, образуя нуклеотиды: дезоксиаденозинмонофосфат (дАМФ), дезоксигуанозинмонофосфат (дГМФ), дезоксицитидинмонофосфат (дЦМФ), дезокситимидинмонофосфат (дТМФ)

Нуклеиновые кислоты являются полинуклеотидами с очень большой молекулярной массой в несколько миллионов. Нуклеиновая кислота, содержащая рибозу, называется рибонуклеиновой кислотой (РНК), в то время как содержащая дезоксирибозу, – дезоксирибонуклеиновой кислотой (ДНК).

Нуклеотиды в нуклеиновых кислотах выстраиваются в определенном порядке. ДНК состоит из двойной скрученной полинуклеотидной спирали (рис. 11.1).

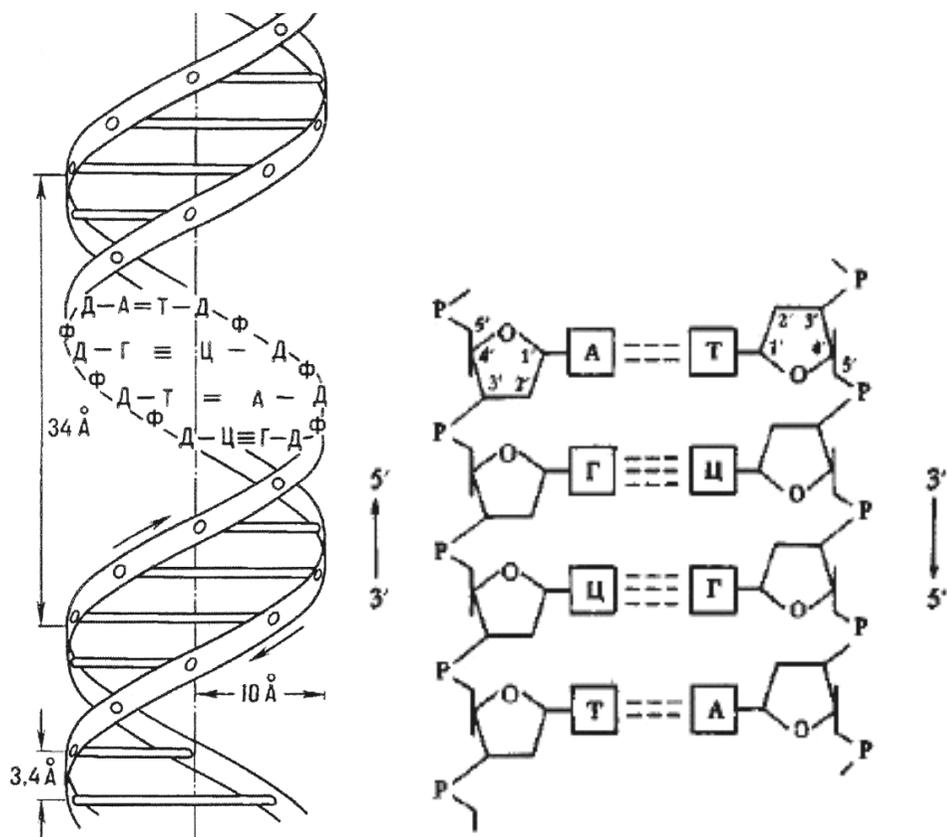


Рисунок 11.1 – Схема изображения участка молекулы ДНК: слева – двойная полинуклеотидная спираль ДНК, в двойной спирали на один виток приходится 10 нуклеотидных пар, длина витка – 3,4нм; справа – молекулярный состав ДНК: Р-фосфат, пятиугольник – сахар дезоксирибоза; в квадратах: А-аденин, Т-тимин, Г-гуанин, Ц-цитозин

Каждая нитка состоит из единиц дезоксирибозы и фосфатных групп. К каждой сахарной группе примыкает один из четырех основа-

ний – цитозин, тимин, аденин или гуанин. Основания на двух нитках спирали соединены попарно водородными связями, тимин на одной нитке всегда спарен с аденином, на другой – цитозин – с гуанином. Последовательности оснований вдоль этих ниток представляют генетическую информацию живой клетки. ДНК находится в ядре клетки, как часть хромосомной структуры.

Биосинтез белка в клетках тканей и органов является сложным многоступенчатым процессом. Совершается он в специальных органеллах – рибосомах. Помимо ДНК, в нем принимают участие рибонуклеиновые кислоты (РНК). Существуют три основных вида РНК: матричная (информационная) мРНК, рибосомная рРНК и транспортная тРНК. У них разные функции.

## 11.2. Гены и их структура

Информация о структуре белков и РНК записана в участках ДНК, называемых генами и цистронами. Ген – это участок ДНК, кодирующий один белок. Цистрон – участок ДНК, кодирующий одну полипептидную цепь. Если белок состоит из нескольких разных полипептидных цепей (субъединиц), то его ген включает несколько цистронов. Например, у животных и человека цистроны нередко располагаются в разных хромосомах и обычно тоже называются генами, например, ген  $\alpha$ -цепи и ген  $\beta$ -цепи гемоглобина.

Кроме генов всех белков организма, в хромосомах имеются также гены РНК: матричных РНК (их тысячи), четырех видов рибосомных РНК и нескольких десятков видов транспортных РНК.

Четыре вида рРНК синтезируются в ядре (а точнее, в ядрышках), объединяются с рибосомными белками, формируя субъединицы рибосом. Эти субъединицы через ядерные поры перемещаются в цитоплазму. Туда же перемещаются и многочисленные мРНК (в комплексе со специальными белками), а также тРНК.

Общая совокупность генов, определяющих наследственную информацию организма, называется геномом. Всего в геноме (хромосомах) человека и животных число генов составляет около 30000.

Передача генетической информации с ДНК на мРНК называется транскрипцией (считывание). В генах участки связывания РНК-полимеразы (фермента, синтезирующего РНК на ДНК) называются **промоторами**. Связывание РНК-полимеразы с промотором осуществляется с участием белков – факторов транскрипции. Эти факторы имеются во всех клетках и необходимы для «прочтения» любого функционирующего гена.

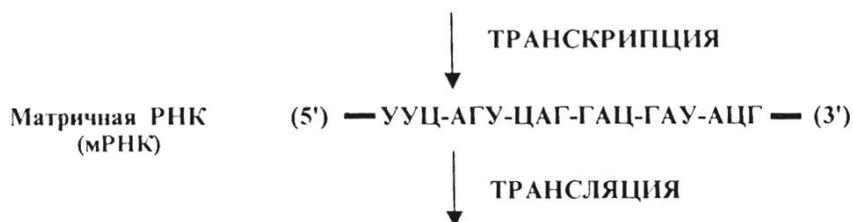
В процессе транскрипции гена образуемые мРНК называют предшественниками мРНК (пре-мРНК), т.к. им необходимо еще пройти в ядре процесс созревания.

## Способ записи генетической информации

Две цепи ДНК в области гена принципиально различаются по своей функциональной роли: одна из них является кодирующей, или смысловой, вторая - матричной (рис. 11.2).

Смысловая цепь ДНК (5') — ТТЦ-АГТ-ЦАГ-ГАЦ-ГАТ-АЦГ — (3')

Матричная цепь ДНК (3') — ААГ-ТЦА-ГТЦ-ЦТГ-ЦТА-ТГЦ — (5')



Пептидная цепь белка (NH<sub>2</sub>) — Фен— Сер— Глн— Асп— Асп— Тре — (COOH)

Рисунок 11.2 – Принцип записи и реализации генетической информации

Это значит, что в процессе «считывания» гена (транскрипции, или синтеза пре-мРНК) в качестве матрицы выступает только одна – матричная цепь ДНК. Продукт этого процесса - пре-мРНК – по последовательности нуклеотидов совпадает с кодирующей цепью ДНК (с заменой тиминового оснований на урациловые).

Таким образом, получается, что с помощью матричной цепи ДНК при транскрипции воспроизводится в структуре РНК генетическая информация кодирующей (смысловой) цепи ДНК, т.е. ген.

На рисунках ген принято изображать так, чтобы кодирующая цепь была сверху; тогда, в соответствии с общим правилом изображения ДНК, 5'-конец кодирующей цепи должен располагаться слева.

**Генетический код.** Единицей информации в кодирующей цепи ДНК является триплет-последовательность из трех нуклеотидов. 4 вида нуклеотидов (встречающиеся в ДНК) могут образовывать  $4^3=64$  вида триплетов. Из них 61 триплет являются смысловыми, т. е. кодирует ту или иную из 20 аминокислот, а 3 триплета являются «бессмысленными» (табл. 11.1).

Как видим, на одну аминокислоту приходится в среднем несколько смысловых триплетов (в реальности – от 1 до 6). В то же время код специфичен: каждому из смысловых триплетов соответствует только одна аминокислота. Сама же информация о белке состоит в том, что в полном гене линейная последовательность триплетов кодирует аналогичную линейную последовательность аминокислот в первичной структуре данного белка (в направлении от аминного к карбоксильному концу пептидной цепи) (рис. 11.2).

Итак, генетический код является триплетным, специфическим, непрерывным и универсальным (у всех видов организмов смысл любого триплета один и тот же).

Триплеты мРНК, соответствующие триплетам ДНК, называются **кодонами**, они определяют порядок включения аминокислот в пептидную цепь, синтезируемую в рибосоме.

По той же причине в таблице генетического кода (расшифрованного в ходе модельных экспериментов) всегда указывают не триплеты смысловой цепи ДНК, а кодоны мРНК.

Таблица 11.1 - Кодоны мРНК.

Аминокислота	Кодирующие триплеты
Аланин	ГЦУ ГЦЦ ГЦА ГЦГ
Аргинин	ЦГУ ЦГЦ ЦГА ЦГГ АГА АГГ
Аспарагин	ААУ ААЦ
Аспарагиновая кислота	ГАУ ГАЦ
Валин	ГУУ ГУЦ ГУА ГУГ
Гистидин	ЦАУ ЦАЦ
Глицин	ГГУ ГГЦ ГГА ГГГ
Глютамин	ЦАА ЦАГ
Глютаминовая кислота	ГАА ГАГ
Изолейцин	АУУ АУЦ АУА
Лейцин	ЦУУ ЦУЦ ЦУА ЦУГ УУА УУГ
Лизин	ААА ААГ
Метионин	АУГ
Пролин	ЦЦУ ЦЦЦ ЦЦА ЦЦГ
Серин	УЦУ УЦЦ УЦА УЦГ АГУ АГЦ
Тирозин	УАУ УАЦ
Треонин	АЦУ АЦЦ АЦА АЦГ
Триптофан	УГГ
Фенилаланин	УУУ УУЦ
Цистеин	УГУ УГЦ
Знаки препинания	УАА УАГ УГА

Из этой таблицы видно, что код, действительно, является вырожденным: для всех аминокислот, кроме метионина и триптофана, имеется по 2 кодона и более, в том числе, по 6 кодонов для трех аминокислот – аргинина, лейцина и серина.

### 11.3. Экспрессия генов

Экспрессия генов – это процесс, в ходе которого наследственная информация от гена преобразуется в функциональный продукт – РНК или белок. Экспрессия информации о структуре определенного белка включает 2 основных этапа (рис. 11.3):

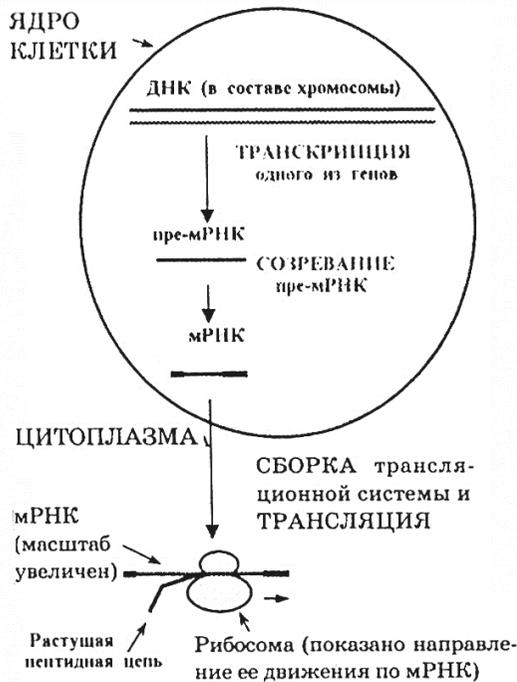


Рисунок 11.3 – Основные этапы экспрессии гена (рисунок заимствован у Мушкамбарова Н. Н. и Кузнецова С. Л. (2007))

а) Первый из них – транскрипция: образование в клеточном ядре на соответствующем гене (локализуемом в одной из хромосом) специального посредника – матричной РНК (мРНК).

Смысл этого процесса – переписывание информации о структуре белка с огромного неподвижного носителя ДНК (в составе хромосомы) на небольшой подвижный носитель мРНК. Таким образом, непосредственный продукт транскрипции гена является матричная РНК.

б) Второй из основных этапов экспрессии гена - трансляция: синтез белка в рибосомах по программе, диктуемой мРНК. Суть этой программы - определение очередности, в которой аминокислоты должны включаться в строящуюся пептидную цепь. В этом процессе участвуют не свободные, а активированные аминокислоты. Активация осуществляется при помощи специфических ферментов –аминоацил-тРНК синтетаз. В результате каждая аминокислота связывается с транспортной РНК (тРНК), т. е. находится в виде аминокацил-тРНК (aa-тРНК). Для каждой из 20 аминокислот имеется своя специфическая форма тРНК, а чаще - даже не одна, а несколько форм.

Рибосомы играют в трансляции роль молекулярных машин, обеспечивающих правильное взаимодействие участников. В состав рибосомы входят четыре вида молекул рибосомной РНК (рРНК). Объединяясь с рибосомными белками, они образуют две субъединицы рибосо-

мы 40S и 60S (по седиментационной характеристике при ультрацентрифугировании), выполняют в них структурную и каталитическую функции (рис. 11.6).

## 11.4. Строение РНК

Как и ДНК, РНК представляют собой линейные (т.е. неразветвленные) полинуклеотиды с тем же принципом организации. Но имеются и отличия от ДНК. Главное из них – то, что молекулы РНК являются не двух-, а одноцепочечными. Кроме того, пентоза в РНК – это не дезоксирибоза, а рибоза, которая содержит дополнительную гидроксигруппу.

**мРНК** содержит информацию о составе той или иной полипептидной цепи, количество разных мРНК в клетке очень велико, хотя они составляют лишь небольшую часть общей массы РНК в клетке – около 5 %.

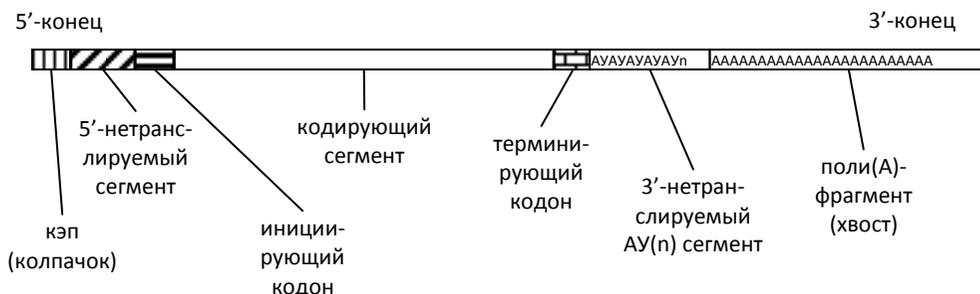


Рисунок 11.4.-Структура мРНК

При всем своем многообразии зрелые мРНК имеют сходный план строения (рис. 11.4):

- на 5' – конце находится так называемый «**колпачек**» или кэп – участок из одного-четырех нуклеотидов, такая структура способствует защите на 5'– конце мРНК от экзонуклеаз (ферменты, катализирующие распад РНК);

- за колпачком идет 5' – **нетранслируемый** участок - последовательность из нескольких десятков нуклеотидов, он служит для первичного связывания мРНК с рибосомой, но сам не транслируется;

- трансляция мРНК начинается с иницирующего кодона, во всех мРНК он всегда один и тот же – **АУГ** – кодирует метионин;

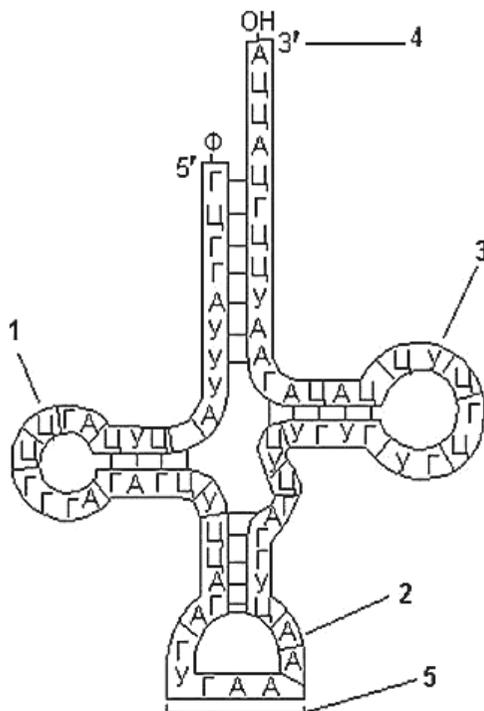
- за иницирующим кодоном следует кодирующая часть, которая содержит информацию о последовательности аминокислот в белке;

- после кодирующего сегмента находится кодон **терминации** – один из трех «**бессмысленных**» кодонов: УАА, УАГ, УГА.

- за кодоном терминации следует 3'-нетранслируемый участок;

- все зрелые мРНК эукариот на 3'-конце содержат поли(А)-фрагмент из 150-200 адениловых нуклеотидов, который участвует в регуляции продолжительности жизни мРНК.

**тРНК** имеет вид клеверного листка (рис. 11.5).



**Транспортная РНК:**

1 – петля 1; 2 – петля 2; 3 – петля 3;  
4 – акцепторный конец; 5 – антикодон.

Рисунок 11.5 – Строение тРНК

Количество различных тРНК – несколько десятков: от одного до шести видов для каждой из 20 аминокислот. Виды тРНК, способные связывать одну и ту же аминокислоту, называются **изоакцепторными**. Специфичность тРНК обозначается верхним индексом, например, тРНК<sup>Ала</sup>. Общее число нуклеотидов в молекуле тРНК – невелико, обычно не больше сотни. Среди них имеются модифицированные нуклеотиды. В их составе следующие «нетипичные» нуклеозиды: дигидроурдин и псевдоурдин, инозин, метилинозин, метил- и диметилгуанозин.

В структуре тРНК имеется четыре двухцепочных и пять одноцепочных участков. Для последних приняты названия: **акцепторная ветвь** – участок на 3' конце из четырех нуклеотидов, к самому крайнему из них (А) ковалентно присоединяется аминокислота.

**Антикодonoвая петля** – участок из семи нуклеотидов в середине цепи, три из этих нуклеотидов выполняют функцию **антикодона**, ко-

торый комплементарно взаимодействует с соответствующим кодоном в цепи мРНК.

Связывание тРНК с «своей» аминокислотой происходит с помощью фермента – специфической аминоацил-тРНК-синтетазы. Существует 20 видов таких ферментов – по одному на аминокислоту. И в каждом случае фермент имеет 2 центра узнавания - аминокислоты и любой из изоакцепторных тРНК, специфичных для данной аминокислоты. Эти ферменты сопрягают генетический код со структурой аминокислот.

**Рибосомные РНК** - основа формирования субъединиц рибосом. Эти субъединицы, а также входящие в них рРНК, принято обозначать по их константе седиментации. На рисунке 11.6 приведен состав цитоплазматических рибосом эукариот.

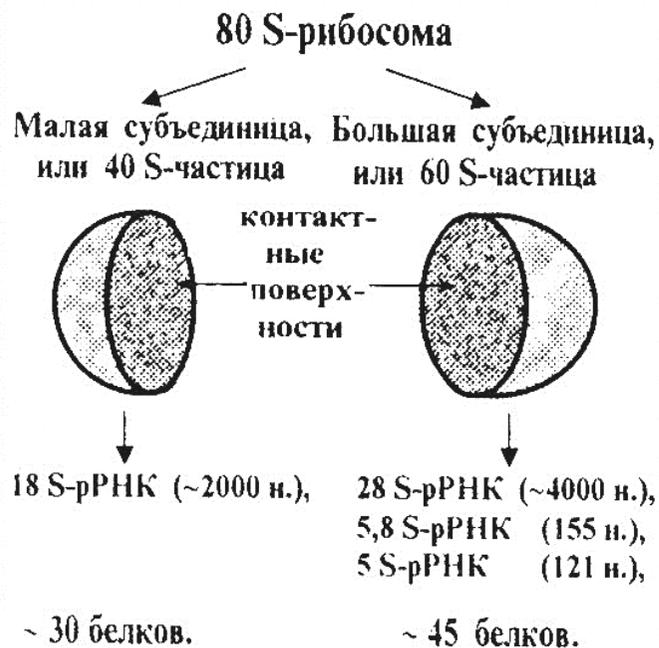


Рисунок 11.6 – Состав цитоплазматической рибосомы эукариот. В скобках – количество нуклеотидов в цепи рРНК (рисунок заимствован у Мушкамбарова Н. Н. и Кузнецова С. Л., 2007 г)

Как видно, малая субъединица содержит 1 молекулу 18 S-рРНК и около 30 молекул различных белков. Большая же субъединица включает 3 разные молекулы рРНК (одну длинную и две короткие), а также 45 белковых молекул. В результате каждая субъединица рибосомы – это свернутый рибонуклеопротеидный тяж.

## 11.5. Трансляция

**Трансляции** - последовательное включение аминокислот в строящиеся пептидные цепи в соответствии с последовательностью кодонов в мРНК.

В трансляции участвуют, не свободные аминокислоты, а активированные аминоацил-тРНК(аа-тРНК): Ала-тРНК<sup>Ала</sup>, Мет-тРНК<sup>Мет</sup> и т. д. для всех 20 аминокислот. Иначе говоря, каждая аминокислота связана с акцепторной петлей «своей» тРНК(см. рис. 11.7).В данном процессе решается самая важная проблема трансляции - сопряжение аминокислоты с ее антикодоном. Эти процессы осуществляются с затратой энергии АТФ.

Биосинтез полипептидной цепи включает три процесса: 1) инициацию; 2) элонгацию; 3) терминацию.

**Инициация.** Процесс трансляции начинается со сборки активной рибосомы, что обозначается как **инициация трансляции**.

Эта сборка обеспечивается функциональными центрами рибосом, которые находятся на контактирующих поверхностях рибосомы:

- центр связывания мРНК (М-центр). Он образован участком 18S-рРНК, который комплементарен 5'-нетранслируемому фрагменту мРНК;

- пептидильный центр (П-центр). В начале процесса трансляции с ним связывается иницирующая аа-тРНК, обозначаемая буквой *i*, а именно, Мет-тРНК<sub>*i*</sub><sup>Мет</sup>. На последующих стадиях трансляции в П-центре находится пептидил-тРНК, содержащая уже синтезированную часть пептидной цепи;

- аминокислотный центр(А-центр) - место связывания очередной аа-тРНК;

- пептидилтрансферазный центр (ПТФ-центр), он катализирует перенос пептидила из состава пептидил-тРНК на поступившую в А-центр очередную аа-тРНК. При этом образуется еще одна пептидная связь и пептидил удлиняется на одну аминокислоту.

В процессе инициации происходит связывание мРНК своим 5'-нетранслируемым участком с малой (40S) субъединицей рибосомы. Далее за счет комплементарного взаимодействия с иницирующим кодоном АУГ происходит связывание иницирующей аа-тРНК, т.е. Мет-тРНК<sub>*i*</sub><sup>Мет</sup>. Для инициации трансляции необходимы и другие участники – ГТФ и три белковых фактора инициации eIF-1, eIF-2, eIF-3 (от eucariotic initiation factor).

В итоге инициация трансляции в П-центре оказываются собраны вместе иницирующий кодон мРНК (АУГ) и иницирующая аа-тРНК.

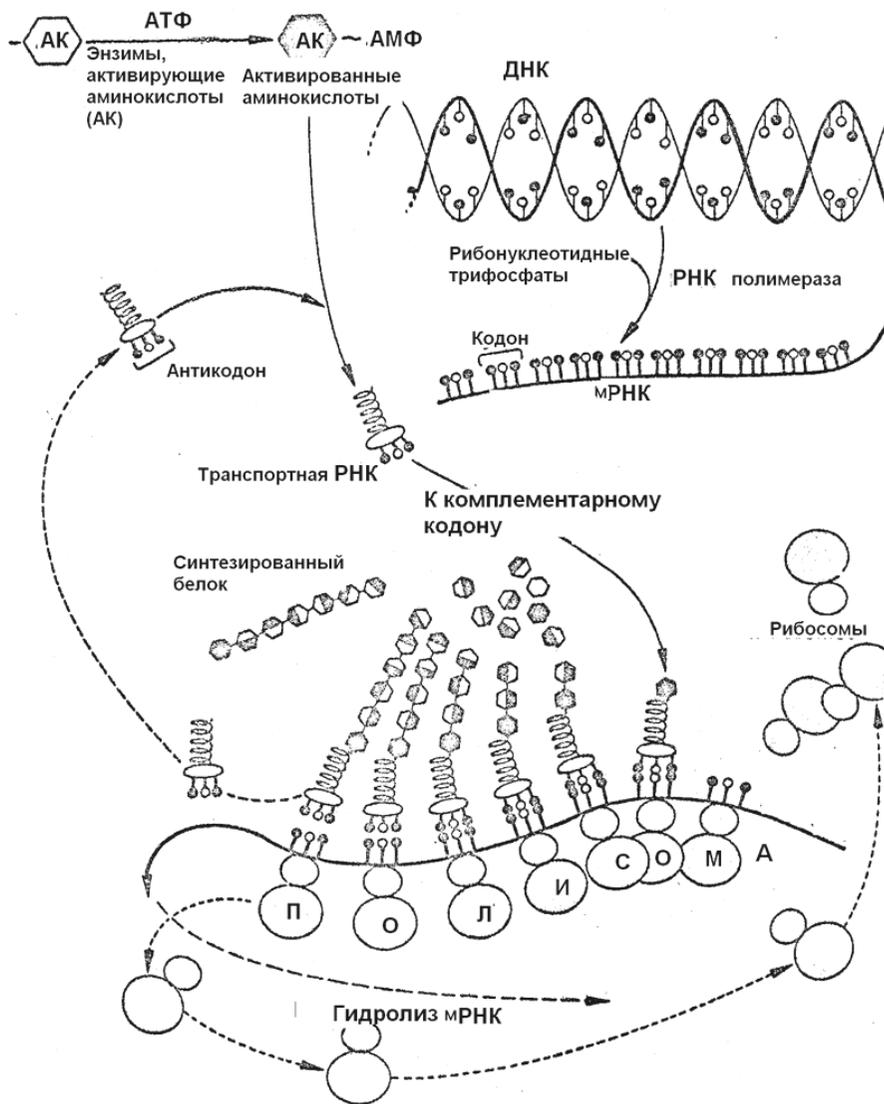


Рисунок 11.7 – Основные процессы синтеза белка (рисунок заимствован у R. Goldsby, 1977 )

### Элонгация трансляции

После инициации начинается основной этап трансляции - процесс элонгации (удлинения пептидной цепи). Он имеет циклический характер: включению каждой очередной аминокислоты соответствует один и тот же цикл событий – независимо от того, сколько аминокислотных остатков уже находится в пептидной цепи – только один (как сразу после инициации) или уже более сотни. В цикле элонгации различают 3 стадии:

- **связывание очередной аа-тРНК**, чей антикодон комплементарен с кодоном мРНК в А-центре, в этом процессе участвует источник энергии ГТФ и два белковых фактора элонгации EF-1u и EF-1s (от elongation factor);

- **замыкание** пептидной связи. В рибосоме оказываются друг возле друга пептидил тРНК и аа-тРНК. В результате происходит пептидилтрансферазная реакция, т.е. перенос иницирующей аминокислоты с его тРНК на новую аминокислоту с пришедшей аа-тРНК;

- **транслокация**. Завершение стадии перемещения (транслокации) мРНК вместе с вновь образованной пептидил тРНК относительно рибосомы на длину одного кодона. В процессе участвует ГТФ и белковый фактор элонгации EF-2, называемый также транслоказой.

### Терминация трансляция

Сигналом об окончании трансляции служит появление в рибосоме одного из «бессмысленных» кодонов мРНК – УАА, УАГ или УГА.

Этот кодон узнается уже не антикодоном аа-тРНК, а белковыми факторами терминации eRF (от eucariotic releasing factor). Фактор eRF, узнав «свой» антикодон, стимулирует гидролазную активность. В результате гидролизуется связь между тРНК и пептидом. После этого пептидная цепь, тРНК и мРНК покидают рибосому, а субъединицы последней диссоциируют друг от друга и теперь готовы начать синтез очередной пептидной цепи.

### Полисомы

В приведенном описании мы рассматривали только одну рибосому. Между тем одну цепь мРНК, как правило, одновременно транслируют сразу несколько рибосом (рис. 11.8).

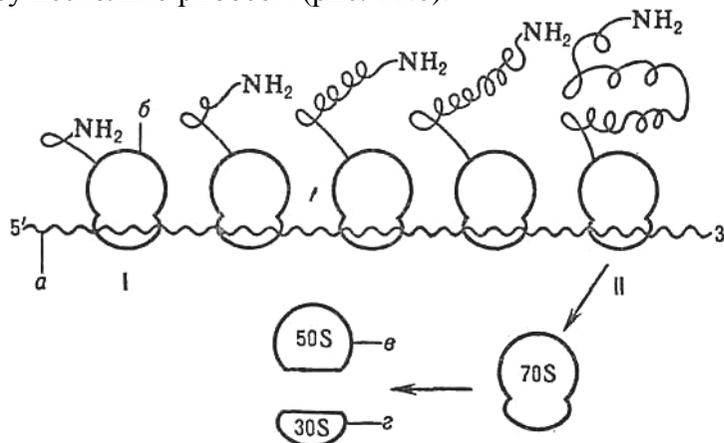


Рисунок 11.8 – Полисома

Действительно, вначале с 5'-нетранслируемым участком созревшей мРНК связывается первая рибосома (вместе с иницирующей аа-тРНК). Она начинает продвигаться к 3'-концу мРНК и включать аминокислоты в пептидную цепь. При ее удалении на достаточное расстояние от 5'-нетранслируемого участка последний становится доступным для следующей рибосомы, и так далее. В итоге получается полисома (или полирибосома) – комплекс рибосом, соединенных цепью мРНК и постепенно продвигающихся к ее 3'-концу.

### **Проверочные вопросы:**

1. Строение ДНК, элементы и связи ее составляющие.
2. Какие виды РНК синтезируются в ядре на ДНК.
3. Ген, его структура, экспрессия гена, генетический код.
4. Механизм транскрипции рибонуклеиновых кислот.
5. Функции мРНК в биосинтезе белков, особенности строения мРНК.
6. Роль и структура рибосом в процессе трансляции белка.
7. Функции и строение тРНК, механизм транспорта аминокислот в процессе трансляции на мРНК.
8. Основные этапы биосинтеза белка в процессе трансляции (инициация, элонгация, терминация).
9. Факторы, определяющие стабильность мРНК.

### **Литература**

1. Мушкамбаров Н. Н. Молекулярная биология. / Н. Н. Мушкамбаров, С. Л. Кузнецов. – М.: «Медицинское информационное агентство» 2007. – 536 с.
2. Патрушев Л. И. Экспрессия генов. / Л. И. Патрушев – М.: «Наука», 2000. – 830 с.
3. Плотников В. К. Стабильность мРНК как фактор регуляции экспрессии генов в клетках эукариот. / В. К. Плотников // Успехи современной биологии. – 1992, Т.112. – С. 186-199.
4. Рядчиков В. Г. Молекулярно-биологические механизмы адаптации белоксинтезирующей системы животных к имбалансу аминокислот. / В. Г. Рядчиков, В. К. Плотников, С. Л. Полежаев, М. О. Омаров. Политематический сетевой электронный журнал КубГАУ №86(02), февраль, 2013. Режим доступа:<http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/32.pdf>
5. Спирин А. С. Рибонуклеиновые кислоты как центральное звено живой материи. / А. С. Спирин // Вестник Российской академии наук. – 2003. – Т. 73. Вып. №2. – С. 117-127
6. Goldsby R. Cells and Energy 1977 P.162 2nd New York, Macmillan Publ. Co.

## Глава 12. Гормональная регуляция обмена веществ и производства продукции

### 12.1. Регуляция потоков питательных веществ

Животные едят, чтобы получить питательные вещества на разные цели. Самый большой приоритет состоит в обеспечении их потребности на основной обмен (поддержание жизни). Молодые животные едят больше, чем им требуется на поддержание, так как они растут. Лактирующие животные тоже едят больше, чем им требуется на поддержание, поскольку им нужно производить молоко для выкармливания своего потомства. Работающие животные едят больше, чем им требуется на поддержание, чтобы, кроме того, производить работу. Большинство животных всегда будут есть больше, чем им требуется на поддержание, так как они накапливают в теле питательные вещества про запас, ведь они никогда не знают, когда у них будет следующая еда. Скорость переваривания зависит от вида потребленного корма и вида животного. Наиболее активное всасывание питательных веществ происходит через 1-2 часа после еды. Со временем всасывание снижается, и снова появляется желание к еде.

Тело запасает всосавшиеся питательные вещества в расчете на период, когда животное не ест, т.е. на период голодания. В период голодания (даже если голодание всего несколько часов между двух дач пищи) используются резервы гликогена в качестве источника глюкозы, запасные триглицериды в качестве источников энергии, мускульные белки как источники аминокислот, на образование других, более важных белков, а так же (при необходимости) как источники углеводов для образования глюкозы.

Все процессы запасаения и освобождения питательных веществ регулируются эндокринной системой животных. Гормоны и факторы роста регулируют многие из ключевых этапов метаболизма, в том числе транспорт питательных веществ в клетки, активацию процессов фосфорилирования, синтез метаболических энзимов, транспорт веществ в митохондриях, катаболические и анаболические процессы.

Такие ключевые физиологические свойства организма, как гомеостаз и гомеорезис – лежат в основе метаболической регуляции баланса между анаболическими и катаболическими процессами.

**Гомеостаз.** Определяется, как способность саморегуляции нормального состояния организма, поддержания концентрации глюкозы, аминокислот, электролитов, рН и др. в крови, на уровне физиологических норм. Если концентрация в крови питательных веществ повышается, как это бывает в результате всасывания после еды, то регуляторная

система гомеостаза подгонит их до нормальной концентрации. Например, концентрация глюкозы регулируется так, чтобы она была, например, у коров на уровне 60 мг/дкл (60 мг%). Глюкоза всасывается после поедания высококрахмалистого рациона и ее концентрация в крови повышается. Под воздействием гормона инсулина она быстро поглощается тканями, в результате ее концентрация в пределах нескольких часов возвращается к физиологической норме.

Концентрация кальция крови также плотно регулируется. Когда мать начинает продуцировать молоко к родам, кальций быстро уходит из крови в молочную железу. Снижение кальция в крови стимулирует освобождение кальция из костей и активирует всасывание кальция из пищеварительного тракта, так что уровень кальция в крови возвращается к нормальной концентрации 10 мг/дкл.

**Гомеорезис** – это координация метаболизма в направлении обеспечения питательными веществами наиболее важные физиологические процессы, такие как рост, беременность, производство молока (табл. 12.1). Ткани животных конкурируют друг с другом за питательные вещества, по мере всасывания они направляются в различные ткани и органы. Если молодое растущее животное кормить на уровне 80% от кормления вволю, оно будет расти медленнее, действие недокорма будет сказываться, прежде всего, на отсутствии образования жира, а не мускулов, так как рост мускулов обладает более высоким метаболическим приоритетом у молодых животных.

У животных в ранней лактации метаболическим приоритетом будет синтез молока. В условиях, когда лактирующей свиноматке или корове не хватает корма, чтобы обеспечить потребность всех тканей тела, у них будет, в первую очередь, обеспечиваться молочная железа глюкозой и другими питательными веществами в ущерб другим тканям тела. Своя собственная потребность в энергии на поддержание, будет обеспечиваться за счет жира тела, возможно, даже белка мускулов.

Таблица 12.1 – Метаболические приоритеты у животных в разном физиологическом состоянии

Физиологическое состояние	Метаболические приоритеты
Ранний рост	Рост мускулов и костей
Поздний рост	Накопление жира и мускулов
Поздняя беременность	Развитие плода и молочной железы
Ранняя лактация	Синтез молока
Поздняя лактация	Синтез молока и накопление жировой ткани

Гомеорезис действует также в минеральном питании, например, при родах кальций уходит в молочную железу ценой потери кальция из костей. Как гомеостаз, так и гомеорезис функционируют в зависимости от потребления питательных веществ и регулируются эндокринной системой.

## 12.2. Гуморальная регуляция обмена веществ

Имеется несколько уровней регуляции обмена веществ. Метаболиты и сами могут регулировать обменные процессы путем ингибирования конечными продуктами, или регуляции ключевыми ферментами. Такой уровень регуляции может быть важным для гомеостаза, однако эндокринная система является наиболее важной для регуляции распределения потоков питательных веществ.

### Роль инсулина и глюкагона в обмене глюкозы

Несколько гормонов регулируют обмен углеводов, однако два являются главными быстро действующими регуляторами – инсулин и глюкагон. Оба вырабатываются эндокринными клетками поджелудочной железы. Окситоцин и эндогенные опиоиды (эндорфины и энкефалины) также участвуют в регуляции обмена глюкозы.

Постоянное потребление глюкозы является очень важным для каждой ткани, так как глюкоза является основным источником АТФ. Эритроциты, например, должны иметь глюкозу для производства АТФ, глюкозные транспортеры в эритроцитах являются активными даже при низкой концентрации глюкозы в крови и не чувствительны к инсулину. У жвачных секреторные клетки молочной железы не реагируют на инсулин. Таким образом, когда имеет место недостаточное снабжение глюкозой, ее потоки направляются к тканям, которые наиболее нуждаются в ней, прежде всего, в молочную железу; когда глюкоза в избытке, инсулин стимулирует быстрое удаление ее избытка в мускулы, печень и жировые запасы.

Глюкагон, наоборот, повышает концентрацию глюкозы в крови и в целом действует как антагонист инсулина. Глюкагон секретируется  $\alpha$ -клетками поджелудочной железы, когда концентрация глюкозы в крови низкая. По мере того, как всасывание глюкозы после еды прекращается, ее концентрация в крови снижается до низкого уровня. Однако потребность эритроцитов, клеток мозга и процессов обмена в глюкозе не ослабевает. Эти проблемы решает глюкагон, который поступает в кровь как сигнал для клеток печени, чтобы начать гликогенолиз – освобождение молекул глюкозы из гликогена. В результате глюкоза поступает в кровь и поддерживает концентрацию на нужном уровне.

Когда резервы гликогена истощаются, глюкагон активирует ферменты, которые ускоряют глюконеогенез. Кроме того, глюкагон стимулирует мобилизацию липидов из жировой ткани и мобилизацию белка из мускулов. Многие из мобилизованных аминокислот становятся предшественниками глюкозы, а мобилизуемые жирные кислоты – альтернативными источниками АТФ, когда глюкозы не хватает.

### 12.3. Регуляция роста и отложения жира

Рост животных проявляется увеличением общей массы, длины костей, а так же массы скелетных мускулов. Параллельно с увеличением общей массы происходит увеличение массы многих других органов и тканей, включая жировые запасы.

По мере взросления животных питательные вещества меньше направляются в мускулы, а больше в жировые ткани. Следовательно, с возрастом отношение белка к энергии в рационе может быть снижено.

Основными гормонами, контролирующими мускульную массу являются инсулин, соматотропин и инсулин-подобный фактор роста – 1 (ИПФР). Мускульная масса, кроме того, регулируется глюкагоном, катехоламинами, глюкокортикоидами и половыми стероидами. Соматотропин, по-видимому, главный регулятор в направлении всосавшихся питательных веществ в мускулы и молочную железу и оттока из жировой ткани.

Сейчас установлено, что соматотропная «ось» включает **соматотропин**, или **гормон роста (ГР)**, вырабатываемый в гипофизе, вместе с двумя гипоталамическими рилизинг-гормонами – соматолиберином, который стимулирует освобождение ГР из гипофиза, а так же соматостатином, который ингибирует освобождение ГР, и один гормон, синтезируемый в печени, **инсулин-подобный фактор роста-1 (ИПФР-1)**, который называется так же соматомедин-С.

Соматотропин стимулирует рост костей и мускулов, хотя большинство из этих действий, вероятно, происходит не напрямую, а опосредовано через ИПФР-1. Дефицит ГР или ИПФР-1 приводит к карликовости, в то время как избыток ГР (и, таким образом, избыток ИПФР-1) у молодых растущих животных или человека может вызвать гигантизм. В 1983 году (Palmiter et.al., 1983) сделали работу, когда интеграция трансгена ГР в геном мышей вызвала у них рост в два раза более высокий, чем у нормальных мышей. Избыток ГР у взрослых животных увеличивает размер скелета.

Соматотропин способствует снижению липогенеза у растущих свиней, он специфически притупляет инсулиновую стимуляцию глюкозных транспортеров, ацетил-СоА-карбоксилазы, синтазы жирных кислот и снижает транскрипцию генов синтеза жирных кислот.

В мускулах, однако, ГР не вызывает никаких изменений в действии инсулина. Поэтому ГР направляет глюкозу из жировой ткани в мускульную, где она используется в качестве топлива в процессе синтеза белка.

Из-за сильного действия соматотропина на разделение потоков питательных веществ, значительный интерес ГР представляет как метаболический стимулятор отложения белка у сельскохозяйственных животных. Использование его препаратов путем добавки в корм не эффек-

тивно. Экзогенный ГР действует в том случае, если его инъецируют в кровь, или, если организм производит собственный (эндогенный) ГР в теле в результате инъекции рилизинг-фактора ГР. Биотехнологический бычий соматотропин (бСТ) ограниченно используется на коровах для увеличения молочной продукции в США.

Интересно то, что у большинства животных концентрация ГР в крови обратно пропорциональна уровню питания. В других словах, концентрация ГР является низкой, когда животное хорошо ест, и высокой, когда плохо ест. Поскольку ГР стимулирует мобилизацию жировой ткани, а не мускулов, высокая концентрация ГР у животных при кормлении с недостатком энергии, в соединении с низким инсулином, усиливает использование жировой ткани как источника энергии на поддержание, снижая энергетическое голодание мускулов.

Уровень питания напрямую действует на ИПФР-1. Хронический недостаток энергии, белка или даже одной незаменимой аминокислоты будет снижать концентрацию ИПФР-1 в плазме крови. Изменение в синтезе и секреции ИПФР-1 опосредовано на уровне транскрипции и, как следствие, несколько часов потребует перед тем, как действие рациона на увеличение ИПФР-1 обнаруживается в плазме. Хотя ГР секретруется эпизодически и его концентрация изменчива, концентрация ИПФР-1 в крови относительно стабильна и может служить показателем уровня питания животного.

Система ИПФР является одной из наиболее сложных в эндокринной системе. Имеется два ИПФР: ИПФР-1 и ИПФР-2 с двумя разными рецепторами. Из них ИПФР-1 является более важным для постнатального роста и метаболизма. Как минимум шесть ИПФР-связывающих белков (ИПФРСБ) были обнаружены, которые изменяют биоактивность ИПФР, и эти связывающие белки регулируются питанием, гормоном роста и самим ИПФР-1, а также другими факторами. Некоторые ИПФРСБ могут иметь независимое от ИПФР-1 действие.

Печень – главное место синтеза ИПФР-1 и главный источник циркулирующего ИПФР-1, однако значение печеночного ИПФР-1 для роста недостаточно ясно. Генетическая селекция животных на повышенное содержание ИПФР-1 в плазме крови показала прямую связь с повышенной живой массой. Вместе с тем, если инъекции ГР или вставка ГР-трангена в геном повышает рост выше нормального, то инъекция ИПФР-1 или включение гепатического ИПФР-1 трангена в геном имеет лишь ограниченное действие на рост и развитие *in vivo*, даже хотя ИПФР-1 является нижележащим в сигнальном каскаде ГР. Трансгенные животные с целевым снижением печеночного, но не периферического синтеза ИПФР-1 имели почти нормальный рост. По-видимому, главная функция циркулирующего ИПФР состоит в поддержании секреции ГР под контролем и ограничением соматотропной оси. Такая обратная

связь будет помогать регулировать рост, в соответствии с уровнем и качеством питания и условиями внешней среды.

Многие другие системные гормоны, включая тиреоидные гормоны, глюкокортикоиды, катехоламины, инсулин, лептин влияют на соматотропную ось. Гипоталамус производит тиреолиберин, который повышает секрецию ГР, в то время как нейропептид Y ингибирует ее. Возбудители гормона роста из периферических тканей включают грелин, 28-АА пептид, производимый в желудке, и гексарелин 6-АА пептид, все они могут быть полезными в животноводстве или в медицине. Все вместе составляют соматотропную ось, которая, по-видимому, является наиболее важной системой гормонов в регуляции роста. Она контролируется высшими центрами мозга, чтобы разделить поток питательных веществ на разные функции, их регуляция и действие взаимосвязаны с другими эндокринными системами.

### **Катехоламины и глюкокортикоиды**

Гормоны надпочечных желез также играют важную роль в росте и отложении жира. Эти гормоны включают глюкокортикоиды и катехоламины. Рационы не являются главными регуляторами какого-либо из этих гормонов; на самом деле, они контролируются высшими нервными центрами и повышаются в ответ на стресс.

Катехоламины включают эпинефрин и норэпинефрин (адреналин и норадреналин). Они быстро секретируются из мозговой части надпочечников в ответ на стресс. Имеется несколько типов рецепторов для катехоламинов и их можно классифицировать как  $\alpha$ - или  $\beta$ -адренергические рецепторы. В целом стимуляция  $\alpha$ -рецепторов повышает скорость обмена и движение периферической крови, в то время как стимуляция  $\beta$ -рецепторов повышает в крови концентрацию глюкозы и незатерифицированных жирных кислот. Сообщая эти реакции делают способными людей или животных делать поразительные дела, подобные поднятию сверхтяжестей или совершать опасные трюки. Активация  $\beta$ -рецепторов также стимулирует синтез белка в мускулах и липолиз в жировой ткани, улучшая, таким образом, движение питательных веществ в направлении мускулов и забирая их из жира. Вещества, которые активируют  $\beta$ -рецепторы называются  $\beta$ -адренергическими агонистами. В течение многих лет ученые пытались получить синтетические вещества, которые имеют  $\beta$ -агонистическую, но не  $\alpha$ -агонистическую активность, и которые можно было бы скармливать животным без их остатков в тканях. Один  $\beta$ -агонист, **рактопамин** был рекомендован для промышленного применения на свиньях и мясном скоте. Рактопамин является эффективным веществом, разделяющим питательные вещества, когда кормят последние 4 недели перед убоем, повышая мускульную массу и снижая количество жира в теле свиней и крупного рогатого скота.

Надпочечники производят глюкокортикоиды, в том числе кортизол. Гипоталамус мозга реагирует на стресс увеличением освобождения кортикотропин-релизинг гормона, который стимулирует освобождение из гипофиза адренокортикотропного гормона (АКТГ), который, в свою очередь, повышает синтез и освобождение кортизола из сетчатого слоя надпочечников. Функция кортизола во многом сходна с глюкагоном и благоприятствует глюконеогенезу, мобилизации липидов и белка из резервов тела, при этом снижая использование глюкозы периферическими тканями. Хронически высокая концентрация кортизола в крови приводит к мускульной дистрофии.

Глюкокортикоиды могут ингибировать освобождение соматотропина из гипофиза, ингибировать рост длинных костей и подавлять иммунную систему. Концентрацию кортизола в крови часто используют, как показатель стресса. Высокий стресс и одновременное повышение кортизола являются помехами в реализации продуктивности животных.

### **Действие половой зрелости и половых стероидов на рост**

Развитие гонад и увеличение концентрации эстрогенов и андрогенов в период полового созревания имеет большое действие на рост животных. Время полового созревания зависит от вида животных. Лептин является пусковым нейропептидом полового созревания, очень худые или недокармливаемые животные ослаблены для полового созревания, так как у них мало циркулирует лептина. И наоборот, когда половозрелых (препубертальных) животных хорошо кормят, они раньше достигают половой зрелости. По мере полового созревания вторичные половые признаки развиваются, растут кости, мускулы и начинается осаливание.

Как андрогены, так и эстрогены обнаруживаются у самцов и самок, хотя и в разных количествах. Тестостерон рассматривается как мужской гормон, в то же время он превращается в эстрадиол, который считается женским половым гормоном. В обоих полах эстрогены играют важную роль в наращивании костной ткани в период полового созревания и формировании скелета после завершения полового созревания. В противоположность эстрогенам, андрогены, независимо от зрелости, могут стимулировать удлинение костей, что объясняет, почему самцы, как правило, имеют больше размер во взрослом состоянии, чем самки. Три главных гормона, которые определяют минеральный состав костей: паратиреоидный гормон, 1,25-дигидроксихолекальциферол витамин D (кальцитриол) и кальцитонин.

Механизм действия половых стероидов является многогранным и включает как прямые, так и непрямые действия на кости и мускулы. Половые стероиды стимулируют соматотропную ось в период полового

созревания и повышенные концентрации соматотропина и ИПФР-1. Кроме того, эстрогены и андрогены стимулируют синтез в почках гормона  $1,25(\text{OH})_2$  – витамин D, который повышает минерализацию костей. Эстрогены играют более важную роль в стимулировании соматотропной оси, андрогены обладают уникальным действием в стимулировании анаболизма белка и роста мускулов.

Создано несколько препаратов стимуляторов роста для мясного скота, в виде комбинаций эстрогенов, андрогенов и прогестинов. Их обычно вводят в виде медленно-освобождаемых имплантантов (небольшие таблетки инъеклируемые под кожу). При этом имплантант сохраняется 100 дней. В целом эти препараты повышают рост и эффективность корма у бычков без отрицательных последствий состава мяса. Меленгестерол ацетат является аналогом прогестерона, его применяют в качестве кормовой добавки, чтобы подавить половую активность и повышать рост телок, предназначенных на мясо. Однако использование этих препаратов в РФ запрещено.

#### **12.4. Регуляция производства молока**

Эндокринная система регулирует следующие процессы: маммогенез, или развитие молочной железы у молодых животных, лактогенез, или перестройку железы от нелактующего к лактирующему состоянию, что обычно происходит до родов у нетелей и коров в сухостойный период, а так же галактопоз, или поддержание и повышение секреции молока в процессе лактации. Так как синтез молока нуждается в значительном поступлении питательных веществ, то гормоны, регулирующие функции молочной железы, должны влиять на разделение потока питательных веществ в направлении к молочной железе.

Перед половым созреванием маммогенез включает увеличение (пролиферацию) эпителиальных клеток молочной железы. В период беременности пролиферация продолжается, и дифференциация становится более значительной. Так как число альвеолярных клеток, присутствующих в период лактации, является главным условием производимого количества молока, гормоны, которые руководят маммогенезом в ранний период жизни, могут действовать на поток питательных веществ и в более поздний период жизни. Несколько гормонов включены в маммогенез. Перед половым созреванием ИПФР-1 (и таким образом, соматотропин) и эстрогены, вероятно, наиболее значимы. В период беременности прогестерон так же является маммогенным гормоном. Другие маммогенные гормоны включают фактор роста фибробластов, эпидермальный фактор роста (или бета-целлюлин у коров), трансформирующий ростовой фактор- $\alpha$  (factor- $\alpha$ ), фактор роста гепатоцитов, макрофаговый колониальный стимулирующий фактор.

Главными лактогенными гормонами являются пролактин и эстроген, но и глюкокортикоиды и инсулин также необходимы. И наоборот, прогестерон ингибирует лактогенез, высокая концентрация прогестерона, которая бывает у большинства животных во время беременности, препятствует началу лактации (лактогенезу).

Процессы маммогенеза и лактогенеза не требуют большого количества питательных веществ в общей потребности животных, так что распределение потока питательных веществ не является особо важным в их регуляции. В период развития молочной железы и лактогенеза важно не допустить перекорма энергией и недокорма белком, чтобы не ухудшить эти процессы, по крайней мере, у жвачных. Механизм для такого действия, по-видимому, связан с лептином или соматотропной осью и временем начала полового созревания.

Было установлено, что на молочную железу в период лактации приходится до 80% или даже более потребности животного в энергии. В ранней лактации в молочной железе происходит очень интенсивный обмен веществ, питательные вещества поступают, прежде всего, в железу, даже если потребление корма недостаточное для обеспечения потребности животного в энергии. При недостатке энергии скорость этерификации жирных кислот падает ниже скорости липолиза в жировой ткани, и мобилизованные жирные кислоты служат субстратом для синтеза молочного жира или энергии для мускулов и других тканей.

Недостаток в корме белка вызывает распад (протеолиз) белка в мускулах, как следствие, мускульные аминокислоты становятся источником для образования молочного белка. Для многих лактирующих животных, особенно жвачных, глюкоза защищается от окисления или липогенеза, так как она необходима для образования лактозы. В поздней лактации, особенно, если животное беременно, приоритет молочной железы на потоки питательных веществ падает, а восстановление мускульной и жировой ткани начинает приобретать более высокий приоритет. Мускулы, в общем, имеют больше приоритета, чем жир и отложение жира происходит только тогда, когда потребность в энергии всех других функций организма удовлетворена.

Эндокринная система регулирует синтез молока (галактопоез) и, таким образом, регулирует распределение потоков питательных веществ у лактирующих животных. Главным галактопоезным гормоном у крупного рогатого скота является гормон роста (ГР). У нежвачных ГР также важен, однако пролактин является главным гормоном, направляющим питательные вещества в молочную железу. Положительное действие ГР может быть частично связано с ИПФР-1, который помогает создавать и поддерживать количество эпителиальных секретирующих молоко клеток в железе; в действительности, специфические для молочной железы ИПФР-1 трансгены взаимодействуют с процессом нормальной инволю-

ции железы в поздней лактации. Несмотря на то, что механизм действия гормона роста еще не допонят, однако исследования по имплантации экзогенного бычьего соматотропина ясно доказывают, что он имеет мощную способность к разделению питательных веществ в направлении синтеза молока и извлечение из тела жировых отложений (рис. 12.1).

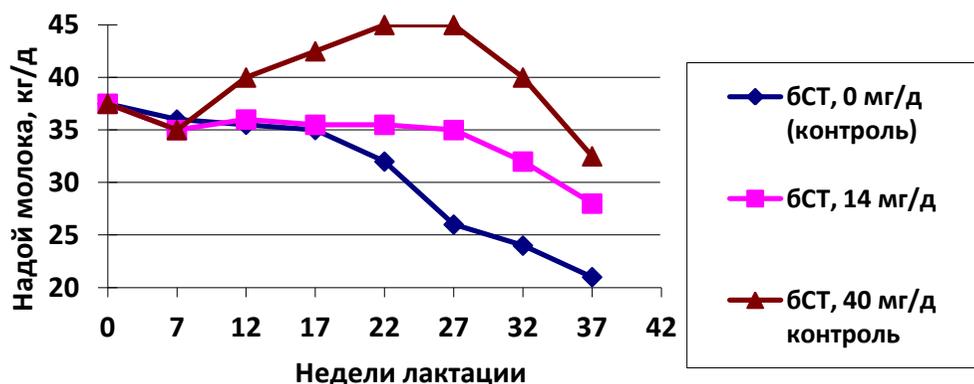


Рисунок 12.1 – Действие экзогенного бычьего соматотропина на надой молока. Обработка начата на 12 неделе лактации и продолжалась 27 недель (Vauman et al, 1985)

Инсулин разделяет глюкозу в направлении молочной железы у некоторых видов (крыс). Однако у жвачных, инсулин не требуется для поступления глюкозы в молочную железу, он необходим для питания глюкозой мускулов и жировой ткани. Поэтому низкая концентрация инсулина в ранней лактации благоприятствует использованию глюкозы на синтез молока, в то время как более высокая его концентрация в поздней лактации повышает приоритет других тканей.

Кортизол, по-видимому, подавляет молочную продуктивность у коров, чем повышает. Хотя стероидные гормоны яичников являются важными регуляторами лактогенеза, они имеют небольшое влияние на установление лактации, но при высоких дозах эстрогенов молочная продуктивность может подавляться.

## 12.5. Регуляция скорости обмена и потребления корма

### Тиреоидные гормоны

Тироксин ( $T_4$ ) и трийодтиронин ( $T_3$ ) синтезируются в щитовидной железе из тирозина. Питание слабо влияет на щитовидную железу, за исключением, когда рацион дефицитен в йоде, который является главным компонентом тиреоидных гормонов. Синтез тиреоидных гормонов находится под контролем нервной системы.

Гипоталамус производит тиреотропный рилизинг-гормон (тиреолиберин), который стимулирует освобождение тиреоид-стимулирующего гормона (ТТГ) из передней доли гипофиза, который, в свою очередь, стимулирует секрецию гормонов щитовидной железы. Синтез повышается под влиянием низкой температуры. Тиреоидные гормоны регулируют скорость обмена, и являются, таким образом, важными в терморегуляции. Если не достигается потребность в энергии за счет энергии корма, то недостаток энергии под действием тироксина будет компенсироваться за счет скорости обмена веществ, приводящий к мобилизации запасов энергии из тела. Тиреоидные гормоны рассматривают как «разрешающими» действия многих других гормонов; а другими словами, без  $T_3$  и  $T_4$ , многие другие гормоны не будут эффективно работать. Тиреоидные гормоны являются также решающими для нормального формирования костей, а дефицит  $T_3$  связывают с острым подавлением роста. И наоборот, гипертироидизм повышает рост, однако может приводить к преждевременному слиянию ростовых пластинок и снижению размера взрослого скелета.

### **Лептин**

Лептин – белковый гормон, производимый жировой тканью, поэтому его концентрация в крови коррелирует с упитанностью тела. Высокоэнергетические рационы так же повышают уровень циркулирующего лептина. Лептин рассматривают как гормон, вызывающий чувство насыщения, он играет центральную роль в регуляции аппетита. Это, вероятно, объясняет, почему животные могут чувствовать свой энергетический статус, и едят в соответствии с видовой границей ожирения.

Например, хроническое недоедание понижает в теле содержание жира, что происходит при низкой концентрации циркулирующего лептина, который в свою очередь изменяет чувствительность пищевого центра в гипоталамусе и повышает аппетит у животного. Как результат: худые животные имеют тенденцию больше поесть и быстрее расти (феномен компенсаторного роста), чем жирные животные. Лептин образуется и в других тканях, включая плаценту и молочную железу, он действует как сенсор жира в теле, что важно и для других функций, кроме аппетита. Касаясь значения у молодых животных, лептин повышает метаболическую активность и, таким образом, участвует в термогенезе. Кроме того, он является важным гормоном в развитии полового созревания и нормальной фертильности.

### **Проверочные вопросы:**

1. Что такое гомеорезис?
2. Инсулин и глюкагон, их роль в обмене глюкозы.
3. Гормональная регуляция роста и отложения жира у животных.

4. Саматотропин (гормон роста) и инсулин-подобный фактор роста. Взаимодействие их в регуляции роста и молочной продуктивности животных.
5. Действие половых гормонов на половое созревание, рост и молочную продуктивность.
6. Регуляция скорости обмена и потребления корма (тироидные гормоны, лептин, соматотропин).

#### **Литература**

1. Биологический энциклопедический словарь. / гл. редактор М. С. Гиляров. – 2-е изд. исправл. - М.: «Советская энциклопедия», 1989. – 864 с.
2. Клопов М. И. Биологически активные вещества в физиологических и биохимических процессах в организме животного. / М. И. Клопов, В. И. Максимов. - М.: Изд-во «Лань», 2012. – 442с.
3. Baumman, R.D., P.J. Eppard, M.J. DeGeeter, and G.M. Lanza. Responses of high-producing dairy cows to long-term treatment with pituitary somatotropin and recombinant somatotropin. J. Dairy Sci., 1985. 68:1352-1362.

## Глава 13. Обмен белка и его регуляция

Белковый обмен включает следующие процессы:

ферментативное расщепление белков в желудочно-кишечном тракте до аминокислот (экзогенных – поступивших из вне с кормом) и всасывание через кишечную стенку 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, нейромедиаторов и других биологически активных веществ;

- образование конечных продуктов распада тканевых, ферментативных и других белков, лишних экзогенных 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.

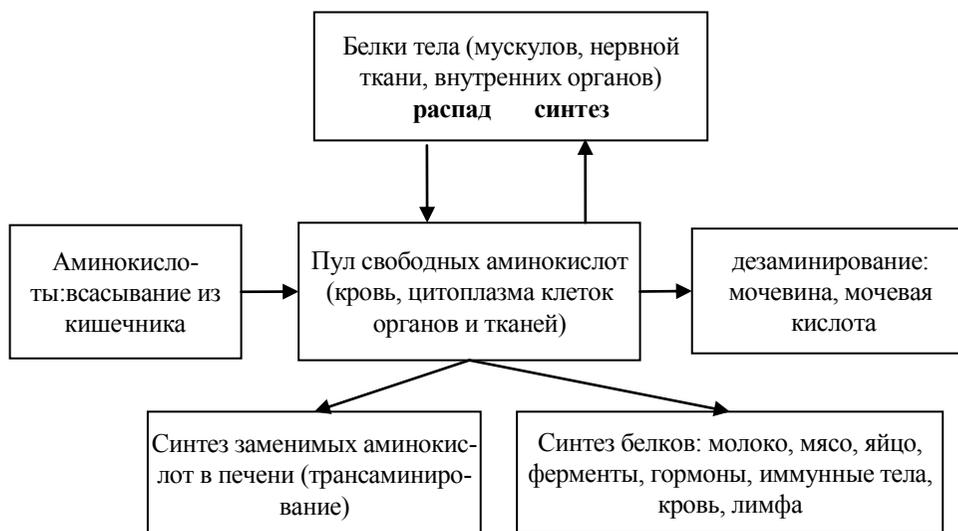


Рисунок 13.1 – Схема обмена белка (аминокислот) в организме животных

Гормон роста, инсулиноподобный фактор роста, инсулин, мужские половые гормоны являются основными регуляторами синтеза, а тироксин - деградации белка в мускулах. Тиреоидные гормоны повы-

шают 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. Гормон 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, переднюю кору грушевидной доли) 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. В печени происходит синтез собственных белков и белков крови (альбуминов, глобулинов, фибриногена), дезаминирование и переаминирование аминокислот, образование заменимых аминокислот и азотистых оснований нуклеиновых кислот, катаболизм гемопротеинов и образование желчных пигментов.

Декарбоксилирование аминокислот происходит в тканях. Оно сопровождается выделением углекислого газа и образованием биогенных аминов, обладающих высокой биологической активностью.

Аминокислота	Биогенный амин	Основная роль
Гистидин	Гистамин	Гормон пищевого тракта, возбуждающий медиатор в синапсах
Глутаминовая кислота	γ-аминомасляная кислота (ГАМК)	Тормозной медиатор в синапсах
Лизин	Карнитин	Участвует в реакциях окислительного фосфорилирования в митохондриях
Триптофан	Серотонин	Гормон стимулирующий секрецию HCl в желудке; тормозной медиатор
Цистеин	Таурин	Медиатор, участвующий в переносе Ca <sup>2+</sup> 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. При низкой концентрации, отсутствии или недостатке

какой-либо незаменимой аминокислоты снижается концентрация матричных РНК и биосинтез белка.

### 13.1. 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 выше количества азота, потребленного с кормом, что происходит при скудном кормлении, значительном недостатке белка в рационе. Отрицательный баланс наблюдается у лактирующих животных, когда потребление белка с кормом не покрывает 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). Так белки печени в 5 раз, слизистой кишечника в 10 раз обновляются быстрее белков скелетных мускулов (табл. 13.1).

С помощью меченых аминокислот по методу, разработанному Д. Ватерлоу и Д. Стефаном (1967), 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 (Garlick et al., 1976).

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 13.1 – 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
сердечные	6,8	14,7

### 13.2. Баланс аминокислот – фактор стабильности мРНК

Матричная РНК является важнейшим компонентом как переноса генетической информации из ядра в цитоплазму, так и белоксинтезирующей системы, осуществляющей реализацию этой информации путем экспрессии гена. Синтез белка зависит от уровня мРНК. В свою очередь уровни матричных РНК представляют собой баланс между скоростями их синтеза в ядре клетки, экспорта в цитоплазму и скоростью деградации. Исследования последних десятилетий показали, что наиболее лабильным фактором регуляции экспрессии генов является стабильность мРНК, или время ее полужизни в цитоплазме. В клетках млекопитающих количество разных мРНК может изменяться многократно в результате изменения полужизни мРНК без каких-либо изменений в скорости транскрипции.

Одним из факторов, влияющих на скорость распада мРНК, является их собственная структура. Молекулы мРНК различаются по размерам, но устроены они в принципе одинаково (рис. 11.4)

Поли (А)-хвост молекулы мРНК является ее единственной структурой, которая весьма оперативно изменяется в зависимости от внешних и внутренних условий. Удаление этой последовательности из состава молекул мРНК делало их нестабильными, неустойчивыми к действию РНК-аз. Предполагается, что изначальная длина поли (А)-сегмента определяет время жизни мРНК. В каждый цикл трансляции от поли (А)-хвоста отщепляется 10-15 адениловых остатков. После нескольких циклов мРНК лишается всего поли(А) сегмента, становится доступной действию РНК-аз и разрушается. Таким образом, деградация мРНК является полинуклеотид-зависимой.

Стабильность мРНК зависит как от гена, копией которого она является, так и от условий окружающей среды. Индивидуальные мРНК значительно различаются по времени жизни, которое варьирует от нескольких минут до нескольких недель. Примером РНК с умеренной продолжительностью жизни является мРНК синтеза кератина пера. Синтез этого белка начинается с 13-го, интенсивно происходит уже на 15-й день развития цыплят при инкубации. После актиномициновой блокады (актиномицин Д ингибирует синтез РНК) в конце 13 дня синтез

белка в коже зародыша полностью прекращается в пределах 24 часов. Однако синтез кератинов продолжается до 15 дня. Эти данные показывают, что мРНК, кодирующая синтез кератина в 15-дневном зародыше, синтезировалась ранее и хранилась в клетках кожи, что свидетельствует о ее высокой стабильности. Другим примером роли стабильности мРНК может служить глобиновая мРНК, составляющая 90% суммарной мРНК ретикулоцитов у млекопитающих. После потери ядра и отсутствии транскрипции генов, происходящей во время созревания ретикулоцитов, они длительное время (до 3-х суток) сохраняют гемоглобиновые мРНК и синтез гемоглобина. Запасенная в ретикулоцитах гемоглобиновая мРНК постепенно разрушается, и в зрелых эритроцитах синтез гемоглобина не происходит.

Имеется весьма тесная корреляция между временем полужизни белков и транслируемых их мРНК. Структурные белки обычно обладают большей продолжительностью жизни (миозин, актин, эластин, коллаген), регуляторные белки, как правило, быстро распадаются. К ним относится большинство ферментов, киназы, кинины и другие. Так, полужизнь ферментов печени крыс: орнитин декарбоксилазы – 11 мин., РНК-полимеразы I – 1,3 ч, тирозин-аминотрансферазы – 1,5 ч, триптофан-оксигеназы – 2 ч, ацетил-СоА карбоксилазы – 2 дн; мускульные белки кролика:  $\alpha$ -актинин – 20-25 дн., миозин – 30 дн., актинин > 50 дн.

Стабильность мРНК может определяться разными молекулярными механизмами. Наиболее вероятным молекулярным механизмом в случае имбаланса аминокислот в питании животных является изменение длины поли-(А)-последовательности на 3'-конце молекулы мРНК, т.е. степень её полиаденилирования. Важно подчеркнуть, что степень полиаденилирования определяет и трансляционную активность мРНК: чем длиннее поли-(А)-хвост, тем продолжительнее время полужизни и эффективнее трансляция матрицы, т.е. терминальная поли-(А)-последовательность является цис-фактором стабильности мРНК и энхансером (усилителем) трансляции.

Таблица 13.2 – Влияние имбаланса лизина и триптофана в рационах на степень полиаденилирования мРНК печени, среднесуточный прирост поросят (В. Г. Рядчиков, В.К. Плотников, С. Л. Полежаев, 2013 г.)

Показатели	Основная	Имбаланс лизина	Имбаланс триптофана	Скорректированная
Относительно короткие поли-(А)-хвосты (А)n35 <sup>0</sup> С	9,8±0,7	10,8	10,0±0,6	11,6±0,8
Относительно длинные поли-(А)-хвосты (А)n65 <sup>0</sup> С	8,0±0,4	5,1±0,3	3,1±0,2	11,7±0,6
(А)n65 <sup>0</sup> /(А)n35 <sup>0</sup>	0,85	0,47	0,31	1,01
Среднесуточный прирост поросят, г	221±11	180±12	80±13	580±23
Потребление корма, кг/гол/день	1,14±0,1	1,04±0,02	0,89±0,06	1,28±0,06

В экспериментах на поросятах методом ступенчатой термальной элюции поли-(А)-содержащей мРНК печени с колонки поли-(У)-

сефарозы было установлено, что имбаланс по лизину и триптофану негативно повлиял на стабильность мРНК. Соотношение фракций мРНК, элюируемых с колонки при температуре 65°C (длиннохвостовые молекулы) и при температуре 35°C (короткохвостовые молекулы), характеризующее стабильность мРНК, составляло для 1-й группы на основной диете 0,85, для 2-й и 3-й при имбалансе лизина и триптофана значительно меньше – 0,47 и 0,31, соответственно, самая высокая стабильность была в 4-ой группе – 1,04 на скорректированной диете (табл. 13.2).

Разная стабильность отразилась на показателях роста поросят. При имбалансе они росли в несколько раз хуже по сравнению с ростом поросят на скорректированном по всем незаменимым аминокислотам рационе (Рядчиков В. Г. и др. 2013).

### **13.3. Аминокислоты как сигнальные вещества экспрессии генов**

Регуляция экспрессии генов у животных отличается по ряду аспектов от таковой у бактерии и дрожжей в том, что включает комплекс взаимодействий нервных, гормональных и пищевых факторов. Пищевые сигналы играют важную роль у млекопитающих в регуляции экспрессии генов. Установлено, что значимые (углеводы, жирные кислоты, стеролы) и микроколичества (минеральные вещества и витамины) рационов участвуют в регуляции экспрессии генов. В настоящее время есть все основания рассматривать аминокислоты, как сигнальные вещества, наподобие гормонов, нейропептидов и транмиттеров. Принцип действия сигнальных веществ состоит в том, что они способны возбуждать рецепторы либо на поверхности клеточных мембран (для гидрофильных веществ), либо в цитозоле или ядре (для гидрофобных веществ). После связывания с рецептором в процесс вступают внутриклеточные медиаторы – вещества, проводящие сигнал от плазмолеммы к специальным регуляторным белкам (протеинкиназам). В качестве посредников выступают такие вещества, как циклические аденозин монофосфат (цАМФ), гуанозинмонофосфат (цГМФ), оксид азота (NO), простагландины, Ras-белок и другие.

Протеинкиназы – это регуляторные ферменты, способные фосфорилировать (за счет фосфатных групп) строго определенные белки по аминокислотным остаткам серина, треонина или тирозина. В регуляторной цепочке, чаще всего, участвует не одна, а каскад из нескольких протеинкиназ. Ключевыми завершающими объектами протеинкиназ являются факторы транскрипции, трансляции и, как следствие, изменение их активности, получение того конечного эффекта через активацию соответствующих мРНК, который требовал от клетки действующий на нее сигнал.

Реакция клеток млекопитающих на аминокислоты заключается в обнаружении их баланса или дефицита и организации ответа на него. Отсутствие или недостаток любой из незаменимых аминокислот ини-

цирует такой каскад сигналов, который вызывает повышение трансляции «мастера регуляции» (активирующего транскрипционного фактора 4-ATF-activating transcription factor4) и одновременно регуляцию многих ступеней в пути от ДНК и РНК к синтезу белка. Эти ступени включают перестройку хроматина, сплайсинг РНК, экспорт ядерной РНК, стабилизацию мРНК и регуляцию трансляции. За последние годы был достигнут значительный прогресс в понимании молекулярных механизмов, путем которых аминокислоты контролируют синтез и обмен мРНК.

Примером повышения транскрипционной активности генов на отсутствие в питательной среде аминокислот является аспарагиновая синтетаза (АснС). Этот фермент катализирует биосинтез аспарагина из аспарагиновой и глютаминовой кислот. При отсутствии в культуральной среде гепатоцитов мыши аспарагиновой кислоты резко увеличивается концентрация АснС мРНК.

Аминокислоты с разветвленными цепями (АКРЦ)-лейцин, изолейцин, валин стимулируют синтез белка в препаратах скелетных мышц с такой же эффективностью, как полная смесь всех аминокислот в условиях *in vitro* и *in vivo*. Только один лейцин (в некоторой степени другие аминокислоты, но не заменимые) может стимулировать синтез мускульного белка в течение короткого периода, доказывая, что лейцин действует, как сигнал, а так же, как субстрат. Один сайт, необходимый для действия лейцина в каскаде сигнального пути инсулина, является протеиновая киназа mTOR, которая является мишенью иммуносупрессанта рапамицина у млекопитающих (mTOR-mammalian target of rapamycin). Увеличение концентрации лейцина стимулирует активность mTOR в повышении реакции фосфорилирования ингибиторного белка 4E-BP1, отрывая его от фактора инициации трансляции eIF4E.

Лейцин через mTOR осуществляет активацию группы протеинкиназ. Эти киназы входят в комплекс белков и участвуют в регуляции активации основного фактора инициации трансляции eIF4F.

Внутривенная инъекция голодающим крысам рапамицина (специфический ингибитор mTOR) за 2 часа до инъекции лейцина, приводила к полному предотвращению фосфорилирования 4E-BP1, при этом синтез белка в мускулах снижался в 2 раза по сравнению с контролем (введен лейцин). Лейцин не показал никакого стимулирующего действия при совместной инъекции с рапамицином. Это доказывает, что mTOR необходим для лейцин-зависимой стимуляции инициации трансляции. Включение в безаминокислотный перфузирующий раствор лейцина способствовало двукратному снижению распада РНК печени.

#### **Проверочные вопросы:**

1. Какие процессы лежат в основе обновления белка? От каких факторов зависит скорость обновления.
2. Влияние аминокислотного питания на стабильность мРНК.
3. Приведите примеры действия аминокислот в качестве сигнальных веществ.

## Раздел IV. Оценка питательности кормов

### Глава 14. Энергетическая ценность кормов

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, белка, 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, потомства и т.п.

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

#### 14.1. 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, необходимое 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 соответствии 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 кал=1 ккал, 1000000 кал=1 Мкал), килоджоулях и мегаджоулях (1000 Дж=1 кДж, 1000000 Дж = 1 МДж). Для перевода калорий в джоули и наоборот принято, что 1 кал=4,184 Дж, а 1 Дж = 0,239 кал., соответственно, 1 ккал=4,184 кДж, 1Мкал=4,184 МДж, и наоборот, 1 кДж=0,239 ккал, 1 МДж=0,239 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 внедрились кормовые единицы. Было принято, что новая кормовая единица должна равняться 2500 ккал (2,5 Мкал) обменной энергии. В отличие от старой единицы ее рекомендовали называть 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 крупного 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, давать параллельно в калориях и джоулях.

## **14.2. Виды энергии (валовая, переваримая, обменная, чистая)**

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

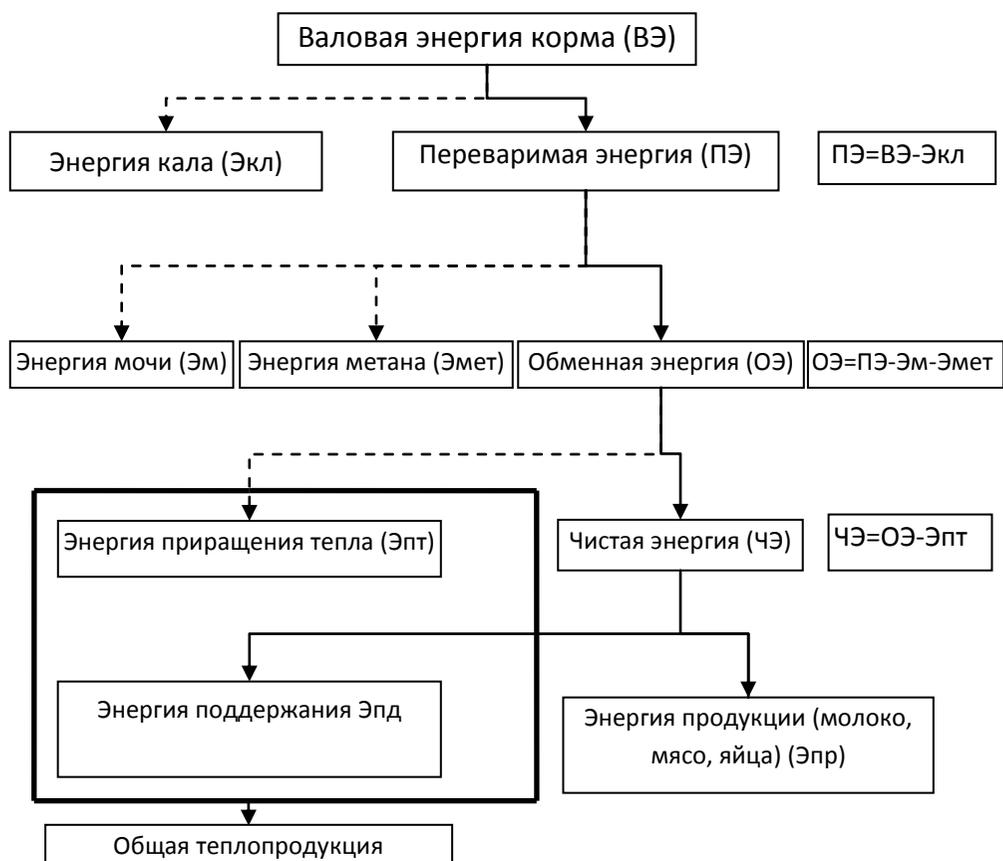


Рисунок 14.1 – Виды энергии: (----) бесполезная, (—) полезная

### Валовая энергия (ВЭ)

ВЭ определяется количеством тепла, освобождаемого при сжигании навески органического вещества (в нашем случае кормов, продуктов обмена, продуктов животноводства и т.д.) в специальном приборе, называемом калориметрической бомбой (рис. 14.2). 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.

Валовую энергию корма можно также рассчитать, по содержанию в нем питательных веществ – белка, жира, неструктурных и структурных углеводов, зная энергетическую емкость этих веществ.



Рисунок 14.2 – Калориметрическая бомба

Таблица 14.1 – Количество энергии (тепла), выделяемой при сжигании в калориметрической бомбе или окислении чистых 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	12,0	50,1
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 более чем в два 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 (табл.14.2). Содержание МДж/кг СВ: ячмень 18,5; сенаж люцерновый 17,9; силос кукурузный 18,5; свекла кормовая 16,6; соя полножирная 23,2.

Таблица 14.2 – 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)

Переваримая энергия корма представляет энергию переваримых питательных веществ (ЭППВ), и определяется как разница между валовой энергией потребленного корма и энергией непереваренных веществ, выделенных с калом ( $ПЭ = ВЭ - Экл$ ). Потеря энергии с калом считается самой большой. У жвачных на сennom рационе она составляет 40-50%, на смешанном рационе -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;
- 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:

$ПЭ_{крс} (МДж/кг) = 0,0242пСБ + 0,0342пСЖ + 0,0185пСК + 0,0170пБЭВ$ ,

$ПЭ_{св} (МДж/кг) = 0,0242пСБ + 0,0394пСЖ + 0,0184пСК + 0,018пБЭВ$ ,

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 разница между переваримой энергией и энергией веществ, выделенных с мочой (Эм) и стораемыми 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 опытах у животных, помещенных в обменные клетки, снабженные устройством для сбора кала и мочи.

Эффективное использование всосавшихся источников переваримой 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 птиц.

Потери с мочой достаточно стабильны и составляют 3-4% от потребленной переваримой энергии у свиней и 8-10% у птиц. Поэтому каждый грамм азота мочи, выделенной жвачными в виде мочевины, со-

ставляет 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 и CO<sub>2</sub>. Газы теряются при отрыжке. Эти потери считают результатом обменности (метаболизируемости), хотя биологически более точная схема должна, по-видимому, образование газов относить в понятие переваримости (NRC, 1966; Калашников А. П. и др., 2003). Респираторная камера необходима для измерения образующегося 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 переваримой энергии (ОЭ<sub>св</sub>=ПЭ×0,96), у жвачных 81% (ОЭ<sub>жв</sub>=ПЭ×0,81), у кур-несушек 90% (ОЭ<sub>кур</sub>=ПЭ×0,90), т.е. зная переваримую энергию, легко рассчитать обменную энергию.

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

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

В переводе в мегаджоули:

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

### **Предсказание обменной энергии кормов**

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

$$\text{ОЭ (МДж/кг СВ)}_{\text{крс}} = 0,0175 \text{ пСБ} + 0,0312 \text{ пСЖ} + 0,0137 \text{ пСК} + 0,0148 \text{ пБЭВ}$$

$$\text{ОЭ (МДж/кг СВ)}_{\text{овцы}} = 0,0177 \text{ пСБ} + 0,0379 \text{ пСЖ} + 0,0134 \text{ пСК} + 0,0148 \text{ пБЭВ}$$

$$\text{ОЭ (МДж/кг СВ)}_{\text{лошади}} = 0,0195 \text{ пСБ} + 0,0354 \text{ пСЖ} + 0,0160 \text{ пСК} + 0,0160 \text{ пБЭВ}$$

$$\text{ОЭ (МДж/кг СВ)}_{\text{свиньи}} = 0,0209 \text{ пСБ} + 0,0366 \text{ пСЖ} + 0,0143 \text{ пСК} + 0,0170 \text{ пБЭВ}$$

$$\text{ОЭ (МДж/кг СВ)}_{\text{птицы}} = 0,0178 \text{ пСБ} + 0,0398 \text{ пСЖ} + 0,0177 \text{ пСК} + 0,0177 \text{ пБЭВ},$$

где пСБ, пСЖ, пСК, пБЭВ – г/кг СВ, соответственно, переваримые сырые белок, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества.

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

$$\text{ОЭ (МДж/кг)} = 0,018 \text{ СБ} + 0,031 \text{ СЖ} + 0,0163 \text{ БЭВ} - 0,0149 \text{ СК}, \text{ где}$$

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:

$$ОЭ \text{ (МДж/кг корма)} = 0,01551СБ + 0,03431СЖ + 0,01669Кр + 0,01301Сах,$$

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%, NRC предлагает рассчитывать ОЭ для коров по уравнению:

$$ОЭ \text{ (МДж/кг)} = [1,01 \times ПЭ \text{ (МДж/кг)} - 1,88] + 0,0193 \times (СЖ - 3); \text{ где } СЖ - \% СБ; 3 - \text{ содержание жира } 3\% \text{ и более.}$$

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

Сено, солома, мякина:

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

Зеленая масса, силос, сенаж, травяная мука:

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

Корнеплоды и концентраты с содержанием менее 20% СБ:

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

Концентраты с содержанием сырого белка более 20%:

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

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):  $ЧЭ = ОЭ - Эпт$ . 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, новорожденных. 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):

$ЧЭ \text{ (МДж/кг)} = 0,1025 \times СППВ \% - 0,50$ . Сумма переваримых питательных веществ выражается в граммах переваримых белка, неструк-

турных 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×0,62.

Для молодняка свиней, получающих стандартные рационы в условиях термонейтральной температуры в свиарнике, 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):

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

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

где Кр-крахмал.

Нарисунке 14.3 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.

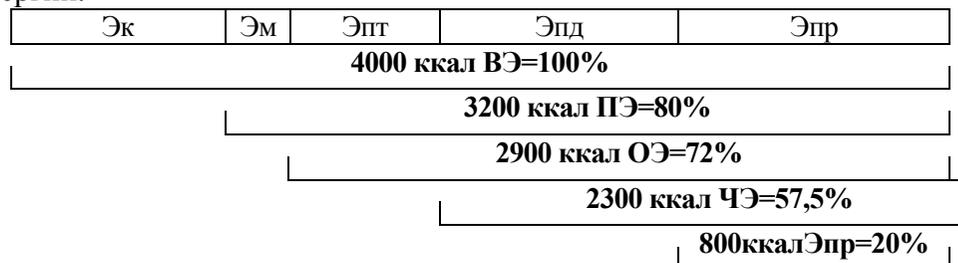


Рисунок 14.3 – Распределение валовой энергии корма у кур-несушек

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

### 14.3. Энергия поддержания (Эпд) и методы ее определения

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 (табл. 14.3). Чем меньше продуктивность, тем выше доля затрат на поддержание

Таблица 14.3 – 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

**Основной или голодный обмен.** Животные, лишённые 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 температуры 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. Исходя из этого, 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:

$МЖМ = ЖМ \cdot y^x$ , где  $y^x$  и  $\equiv$  – символы на калькуляторе, ЖМ – 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  $жм^{0,75}$  (табл.14.4). В дальнейшем, однако, выявились определенные различия от вида к виду в затратах на поддержание, МДж/кг<sup>0,75</sup>/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.

Измерение потребности в энергии на поддержание по затратам организма в условиях 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 14.4 – Потребность различных видов животных в энергии на поддержание

Животные	Живая масса, кг	Потребность, кДж/гол/сутки	Потребность, кДж	
			на кг живой массы	на кг метаболической $ЖМ^{0,75}$
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, можно определить 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 небольшую прибавку или потерю живой массы, 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.

#### **14.4. Энергия приращения тепла (Эпт)**

Энергия приращения тепла – это количество энергии, освобожденной 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 пиродифосфатных 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), отдаваемый 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, коэффициенты использования обменной энергии на поддержание и, особенно, на продукцию оказываются невысокими. Они зависят от источника энергии (углевод, жир, белок) и вида животного (табл. 14.5).

Таблица 14.5 – Коэффициенты эффективности использования источников обменной энергии (заимствовано у Р. 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>х</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	-	-

х) – 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 (табл. 14.6).

Таблица 14.6 – Использование обменной энергии (ОЭ) у белых крыс в зависимости от сбалансированности рационов лизином (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 дней.	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/день	10,3		13,3	
Сренесуточный прирост, г	1,9±0,26		4,49±0,36	
Затраты корма, г/1г прироста	5,42		2,96	

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.

#### **Проверочные вопросы:**

1. Что обозначают 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 содержится 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 высокое, среднее и малое количества обменной энергии и почему?
12. Как перевести ПЭ в ОЭ у свиней, крупного рогатого скота и птиц?

#### **Литература**

1. Нормы и рационы кормления с.-х. животных. / А. П. Калашников [и др.]. – М.: Агропромиздат, 2003. – 436 с.
2. Организация научно-обоснованного кормления высокопродуктивного молочного скота (практические рекомендации). / Е. Л. Харитонов, В. И. Агафонов, Л. В. Харитонов. - Боровск, 2008. – 106 с.
3. Рядчиков В.Г. Питание высокопродуктивных коров / В. Г. Рядчиков, Н. И. Подворок, С. А. Потехин. – Краснодар, 2002. – 70 с.
4. Харитонов Е. Л. Физиология и биохимия питания молочного скота. / Е. Л. Харитонов – Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011. – 372 с.
5. Рядчиков В. Г. Обмен веществ у моногастричных животных при балансе и имбалансе аминокислот и пути повышения биологической ценности белка зерна злаковых культур. Дис. докт. биол. наук. – Краснодар, 1981. – 540 с.
6. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, NRC, USA, 2001. – 381 p.
7. Nutrient Requirement of Swine, NRC, USA, 1998. – 189 p.
8. P. Mc Donald and oth. Animal Nutrition, 2002, Sixth edition. (Великобритания). Pirson Education. – 677 p.
9. Pond W.G. and oth. Basic Animal Nutrition and Feeding,/ Pond W.G.,D.C.Church, K.R.Pond, P.A. Schoknecht. 2007, Fifth Edition. – 580 p.

## Глава 15. Методы измерения теплопродукции и баланса энергии

Калориметрия означает определение (измерение) тепла. Разделение энергии корма, изображенное на рисунок 14.1 показывает, если количество потребленной обменной энергии животным нам известно, то измерение его общей теплопродукции позволит рассчитать отложение энергии в виде продукции по разнице:  $\mathcal{E}_{\text{пр}} = \text{ОЭ} - \mathcal{E}_{\text{пт}}$  (подобным образом измерение усвоенной энергии в продукции позволит рассчитать энергию теплопродукции:  $\mathcal{E}_{\text{пт}} = \text{ОЭ} - \mathcal{E}_{\text{пр}}$ ).

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 (рис. 15.1).

### 15.1. 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 15.2. Два уровня требуется потому, что часть продукции тепла животных происходит в результате его основного обмена (поддержания). Увеличение в потреблении корма вызывает увеличение общей теплопродукции, но при этом основной обмен (расход на поддержание) остается тем же самым, как при первом уровне кормления, поэтому по-

вышение продукции тепла является, таким образом, приращением тепла от сверх заданного корма.

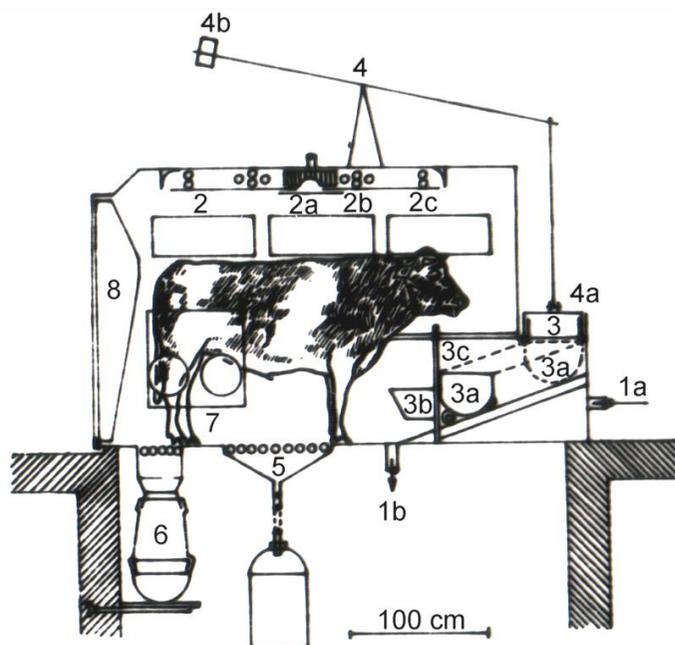


Рисунок 15.1—Схема респирационной камеры в Институте питания животных имени Оскара Кельнера. г. Росток. 1а—система подачи свежего воздуха; 1б—удаление отработанного воздуха; 2—климатконтроль; 2а—вентилятор; 2б—охлаждающее устройство; 2с—обогреватель; 3—кормовой шлюз; 3а—кормушка; 3б—поилка; 3с—устройство подачи корма; 4—устройство учета корма; 4а—автоматический регулятор подачи корма; 4б—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 15.2 корм, давали при уровнях 40 и 100 МДж ОЭ. Повышение на 60 МДж (BD) привело в результате к увеличению 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 15.2 этот метод дает приращение тепла на отрезке BE 16МДж, коэффициент равен  $16/40=0,4$

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. На-

пример, 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.

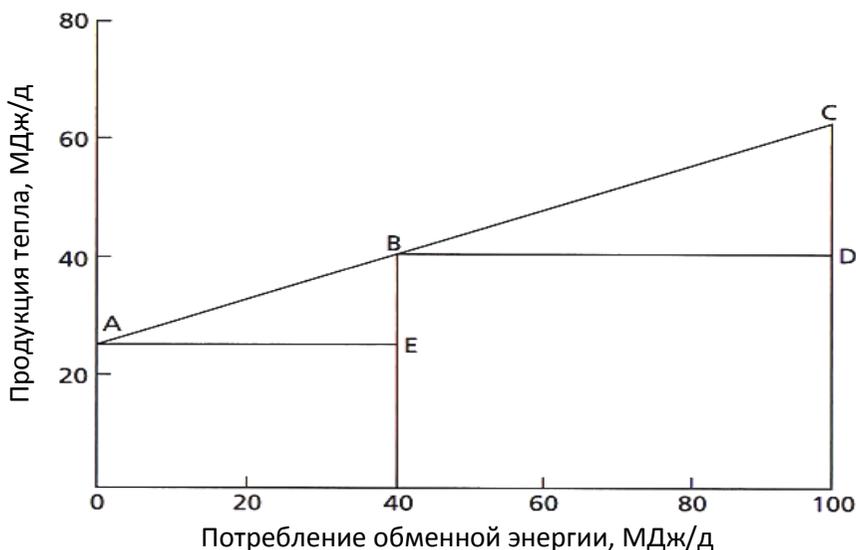


Рисунок 15.2 – Метод разного кормления для определения энергии приращения тепла корма. А – является уровнем основного обмена, В и С – представляют продукцию тепла при потребленной энергии в 40 и 100 ДМж. Зависимость между продукцией тепла и потреблением энергии здесь показана в линиях, т. е. ABC – прямая линия, однако как объясняется ниже, это не является абсолютным правилом (Mc Donald et al., 2002)

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 количеств воды на входе и выходе. Тепло с радиацией, проведением и конвекцией оценивает 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 непрямой калориметрии.

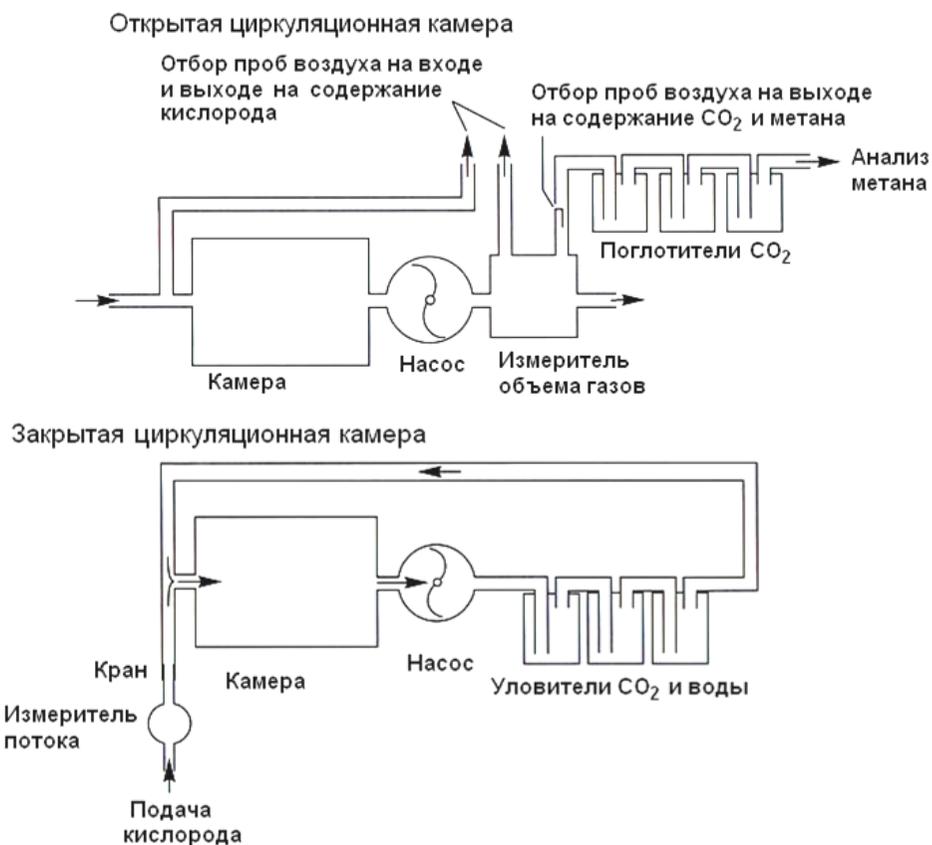


Рисунок 15.3 – Схемы респирационных камер

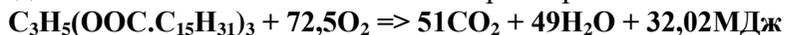
## 15.2. Непрямая калориметрия

Вещества, которые окисляются в теле, и чья энергия поэтому превращается в тепло, представляют три класса питательных веществ – углеводы, жиры и белки.

Окисление моля глюкозы в качестве общей реакции для углеводов:



и для окисления моля типичного жира – трипальмитата:



Одна грам-молекула кислорода занимает объем 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 **термальный (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 только жирами ненормально. Они окисляют смесь из них, и кроме того, белки, поэтому, чтобы применять в нормальных условиях соответствующие термальные эквиваленты, 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 быть затем 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, 0,16 г 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 1 г 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 и тогда, когда они используются на синтез веществ тканей тела животных. Было установлено, что количество тепла, произведенное в процессе таких синтезов, происходит при тех же самых отношениях 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 кислоты не полностью окисляются до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , а углерод и водород покидают тело в виде кетонов или кетонподобных 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 респираторному 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):

$$ТП = 16,18VO_2 + 5,16VCO_2 - 5,90N - 2,42CH_4, \text{ где}$$

ТП – продукция тепла (кДж),

$VO_2$  – потребление кислорода (литров),

$VCO_2$  – продукция  $CO_2$  (литр),

N – азот экстретированный в моче (г),

$CH_4$  – 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 15.1 – 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)

<b>Результаты опыта (24 часа):</b>		
Поглощенный $O_2$ , литр		392,0
Произведенный $CO_2$ , литр		310,0
Экскреция N в моче, г		14,8
<b>Тепло от обмена белка:</b>		
Белок окисленный, г	(14,8×6,25)	92,5
Производство тепла, кДж	(92,5×18)	1665
Использованный $O_2$ , литр	(92,5×0,96)	88,8
Произведенный $CO_2$ , литр	(92,5×0,77)	71,2
<b>Тепло от обмена углеводов и жира:</b>		
Использовано $O_2$ , литр	(392-88,8)	303,2
Произведено $CO_2$ , литр	(310,7-71,2)	239,5
Небелковый RQ		0,79
Термальный эквивалент $O_2$ , когда RQ=0,79 кДж/литр		20,0
Производство тепла, кДж	(303,2×20)	6064
<b>Общее производство тепла, кДж</b>	(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 количество продукции тепла происходит от окисления белка, то необязательно оценивать его отдельно и измерять количество азота мочи. Пример рас-

чета продукции тепла из респираторного обмена показано в таблице 15.1. Если использовать уравнение Brouwer для респираторного обмена, то продукция тепла будет равной 7858 кДж, т.е. близко к 7729 кДж.

Освоен метод измерения энергетике 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 респираторные камеры, схематично изображенные на рисунках 15.1 и 15.3. Простейшая камера закрытого циркуляционного типа состоит из изолированной 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, восполняется 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 адсорбентов. 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, скорость которого измеряется и берутся пробы для анализа на входе и выходе из камеры, позволяет определить продукцию  $\text{CO}_2$ , метана и потребление  $\text{O}_2$ . Так как разница состава поступающего и выходящего воздуха может быть небольшой, в этих условиях необходимы очень точные методы измерения количества газов и его состава. 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 течение 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 выделенного  $\text{CO}_2$ . 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 пастбы 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 меченый  $\text{CO}_2$  разбавлен  $\text{CO}_2$ , произведенной животным.

### 15.3. Измерение баланса энергии по балансу углерода и азота

При респирационной калориметрии измеряют производство тепла, отложение энергии рассчитывают по разнице между потребленной  $\text{O}_2$  и продукцией тепла (как в табл. 15.1). Альтернативный подход состоит в более прямом определении отложения энергии, чтобы рассчитать теплопродукцию.

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 поступают 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 респирационной 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 160 г N/кг белка. Белок также содержит 512 г C/кг. Остальной углерод относится к отложенному жиру. Отложение жира рассчитывают путем деления баланса углерода, при меньшей доле на отложенный белок, используя коэффициент 0,746(746гC/кг жира). 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 39,3 МДж/кг жира и 23,6 МДж/кг белка. Пример такого метода расчета баланса энергии и теплопродукции дан в таблице 15.2.

Преимущество метода баланса углерода и азота состоит в том, что не требуется измерения потребления  $\text{O}_2$  или наличия RQ, и в том,

что отложение энергии разделяется в виде откладываемого белка и в виде жира.

Таблица 15.2 – Расчет отложения энергии и продукции тепла у овцы по балансу углерода и азота (Blaxter K.L. and Graham N McC, 1955)

<b>Результаты опыта (24 часа):</b>	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 <sub>2</sub>	278,0	-	-
<b>Баланс</b>	<u>73,3</u>	<u>2,30</u>	13,95
<b>Отложение белка и жира:</b>			
Отложенный белок, г	$(2,30 \times 6,25) = 14,4$		
Углерод, отложенный как белок, г	$(14,4 \times 0,512) = 7,4$		
Углерод, отложенный как жир, г	$(73,3 - 7,4) = 65,9$		
Отложенный жир	$(65,9 / 0,746) = 88,3$		
<b>Отложенные энергия и продукция тепла:</b>			
Энергия, отложенная в виде белка, МДж	$(14,4 \times 23,6)$		0,34
Энергия, отложенная в виде жира, МДж	$(88,3 \times 39,3)$		3,47
Общее отложение энергии, МДж	$(0,34 + 3,47)$		3,81
<b>Продукция тепла, МДж</b>	$(13,95 - 3,81)$		10,14

#### 15.4. Определение баланса 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 тела 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, по количеству отложенного за опыт белка и жира и их энергетической ёмкости, или путем 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, неразделенной на части. Разработано несколько методов для определения состава тела *in vivo*. Методы состоят в том, что постная масса «пустого» тела (без содержимого пищеварительного тракта и мочи) является более постоянной по составу. Например, у ко-

ровы 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 дейтериум. 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 15.3–Расчет баланса энергии:  $\text{Э}_{\text{пр}} = \text{ВЭ} - (\text{Э}_{\text{кл}} + \text{Э}_{\text{м}} + \text{Э}_{\text{мет}} + \text{Э}_{\text{пд}} + \text{Э}_{\text{пт}})$

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		50,0	14,25	
Всего выделено (энергия кала, метана, мочи)=				78,7	
Расход энергии на поддержание жизни (Эпод)=				60,15	
Расход энергии на приращение тепла (Эпр.т.)=				46,78	
Энергия теплопродукции (Этп) 60,15+46,78=				106,93	
Отложено в теле:					
Белок, кг		0,133	23,6	3,14	
Жир, кг		0,368	39,3	14,46	
Энергия продукции (Эпр)				17,60	
Баланс энергии: 203,23-(78,7+60,15+46,78)=				17,60	

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 гравитаци-

онная 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, отработке состава рационов и системы кормления.

**Пример** расчета баланса энергии у быка на откорме, ж.м.500кг, среднесуточный прирост ж.м. 1кг(табл.15.3). Содержание энергии в сухом веществе кала и мочи определено путем сжигания в калориметрической бомбе. Количество метана принято в размере 7,85% от валовой энергии рациона. Потребность на поддержание рассчитана по затратам ОЭ 0,58МДж/кг ж.м<sup>0,75</sup> (см.стр.323), метаболическая живая масса (МЖМ) =500<sup>0,75</sup>=103,7кг; Эпд=0,58×103,7=60,15МДж. Расчет количества белка определено по отложению азота 21,3г/сутки (белка 21,3×6,25=133г) и жира (368г) - по методике на стр.324, рис. 20.1. Энергия теплопродукции (Этп) определена по разнице между обменной и энергией продукции. ОЭ=ВЭ-(Экл+Эм+Эмет) =203,23-78,7=124,53МДж; Этп=ОЭ-Эпр=124,53-17,6=106,93; Эпт = Этп - Эпд = 106,93 - 60,15 = 46,78 МДж.

#### **Проверочные вопросы:**

1. Назовите методы, применяемые для измерения теплопродукции у животных.
2. Что такое прямая калориметрия? Расскажите о существующих устройствах(калориметрических камерах) и измеряемых видах тепла.
3. Методика измерения приращения тепла.
4. Непрямая калориметрия. Суть метода и расчеты энергии по дыхательному обмену.
5. Величины термальных эквивалентов 1 литра О<sub>2</sub> для глюкозы, жира и белка.
6. Определение баланса энергии по балансу углерода и азота.
7. Метод определения отложения энергии по анализу туш животных.

#### **Литература**

1. Георгиевский В. И. Физиология сельскохозяйственных животных. / В. И. Георгиевский. – М.: Агропромиздат, 1990. – 511 с. (учебник для студентов высш. учебн. заведений по специальности «Зоотехния»).
2. Попов И. С. Избранные труды / И. С. Попов. - М.: «Колос», 1966. - 808 с.
3. Blaxter K.L., N. McC Graham, J.A.F. Rook. j Agr. Sc., 1955, 45:10
4. P. McDonald. Animal Nutrition./ P.McDonald, R.A.Edwards, J.F.D.Greenhalgh, C.A.Morgan.- 2002, Sixth edition. (Великобритания). Pirson Education. – 677 p

## Глава 16. 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 лизинном (табл. 16.1).

Таблица 16.1 – Содержание незаменимых аминокислот в белках разной биологической ценности

Аминокислоты	Яйцо	Мясо	Рыба	Соя	Подсолнечник	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.

### 16.1. Методы определения биологической ценности белка

**Метод Томаса и Митчелла.** Предложенный в 1909 г. К. Томасом метод баланса азота до сего времени является наиболее используемым при оценке биологической ценности (БЦ) растительного и животного белка. Этот метод широко используется в биологических опытах и при оценке кормов для сельскохозяйственных животных.

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

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

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

$N_m$  – количество азота, выделенное с мочой, г.

По схеме Томаса определяется, так называемая, **кажушаяся** биологическая ценность. Дело в том, что в составе азота кала присутствует как азот непереваренных остатков корма (экзогенный), так и азот ки-

печного эпителия, остатков пищеварительных соков и кишечных микроорганизмов (его называют обменный, или метаболический азот). Азот мочи также состоит из азота неусвоенных аминокислот, то есть экзогенного, и азота эндогенного, образуемого в организме в процессе основного обмена. Эндогенный или метаболический белок – это белок, расходуемый на основной обмен (поддержание). По методу Томаса переваримость и отложение азота определяются без учета метаболических и эндогенных потерь азота тела.

При определении кажущейся биологической ценности белка обычной (ОБ) и высоколизиновой кукурузы (ВЛ) без учета метаболического и эндогенного азота, отложение азота у поросят на монозерновых рационах, с ВЛ кукурузой было значительно выше, чем с обычной, в % от переваренного при ограниченном кормлении  $56,1 > 51,2\%$ , при кормлении вволю  $61,2 > 37,6\%$  (табл. 16.2).

Таблица 16.2 – 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. Обменный и эндогенный азот кала и мочи стали учитывать при скармливании безбелкового рациона. Биологическая ценность по Томасу-Митчеллу:

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

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

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

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

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

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

Таблица 16.3 – 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 уравнению:  $N_{от} = N_{ко} - N_{но}$ , где  $N_{от}$  – отложенный в теле азот (г),  $N_{ко}$  – азот в целой тушке в конце опыта (г),  $N_{но}$  – азот в целой тушке в начале опыта (г).

Коэффициент утилизации белка (в %) от потребленного с кормом рассчитывают по уравнению:

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

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 и эндогенные 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 тушке на безбелковом рационе (г), находят величину истинного отложения азота  $N_{ио} = (N_{ко} - N_{но}) + (N_{но} - N_{бб}) = N_{ко} - N_{но} + N_{но} - N_{бб}$ . Вычеркнув из правой части уравнения  $N_{но}$  с + и -, получим уравнение:  $N_{ио} = N_{ко} - N_{бб}$

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

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

Метод анализа туши дает более точные показатели отложения азота по сравнению с определением азота в кале и моче. Здесь, правда, остаются неучтенными 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 средней пробы гомогената.

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 рассчитывают показатель истинной биологической ценности:

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

## 16.2. 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 аминокислот 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 белковое питание и повысить эффективность его использования;

- 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 участвуют в нейрогуморальной регуляции жизнедеятельности организма;

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

- увеличить в сельском хозяйстве производство сои, рапса и семян других масличных культур, животных и функциональных продуктов, обогащенных незаменимыми аминокислотами.

### **16.3. Методы определения потребности моногастричных животных в аминокислотах**

Существует несколько методов определения потребности животных в незаменимых аминокислотах.

1. Метод возрастающих добавок аминокислот в прошлые годы, да и сейчас, остается наиболее применяемым при определении потребности. Суть метода состоит в том, в рацион, дефицитный изучаемой аминокислотой, добавляют возрастающее количество этой аминокислоты в виде кристаллического препарата. К примеру, опыт по определению потребности свиней в лизине проводятся по такой схеме:

Таблица 16.4. – 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, но 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.

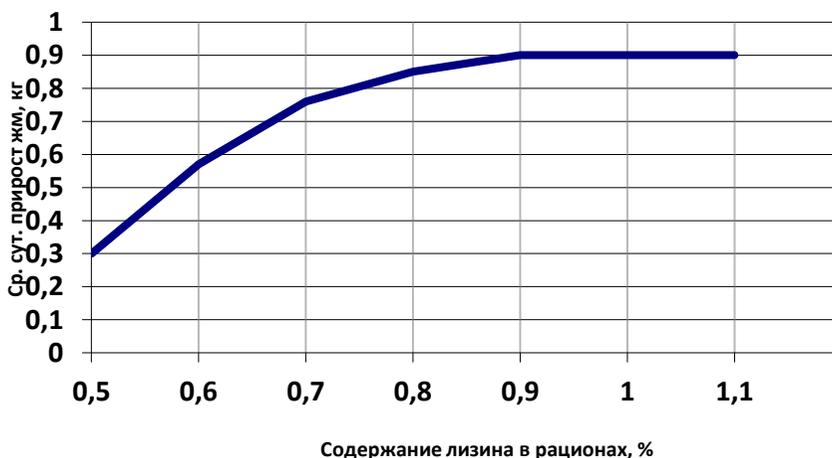


Рисунок 16.1 – Изменение прироста живой массы свиней в зависимости от уровня лизина в рационе

На экспонентной кривой видно, что максимальный прирост свиней был при содержании лизина в рационе 0,9% (9 г/кг). Дальнейшее увеличение уровня лизина не оказывало положительного действия на прирост живой массы. Вывод: (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 потребность 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 для моногастрических, 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 зоотехник может сам рассчитать нормы потребности для животных в конкретных условиях хозяйства и его кормовой базы. В разделе «Нормы питания и рационы для свиней» факториальный метод подробно изложен.

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

В представленных нормах для свиней, яичной и мясной птицы 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 %% от сухого вещества, умноженной на 100, на потребность в СБ (%). Например, потребность в лизине поросят до 2 мес. возраста составляет 1,2% СБ, потребность в СБ- 22%, потребность в лизине от сырого белка составит:

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

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

## **16.4. 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, отрубей, жома.

Чтобы не нарушать соотношение между энергией и аминокислотами (как правило, оно выражается граммов лизина / 1 МДж), при повышении или снижении концентрации энергии в корме рекомендуется – повысить или понизить 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, макро- и микроэлементами, их эффективность окажется намного ниже ожидаемой.

Витамины группы В и микроэлементы являются активными центрами ферментов, которые участвуют в каталитических химических реакциях 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 В<sub>12</sub> и холина на их образование расходуется метионин, при недостатке никотиновой кислоты (витамин В<sub>5</sub>) – 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 животных 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 концентрация лизина в корме у свинок примерно на 8-10% должна быть выше, чем у хрячков.

### **Порода**

Имеются данные, что кроссы свиней и птиц интенсивного мясного направления требуют более тщательного внимания к балансированию кормов по аминокислотам. 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 питании. Имеются убедительные доказательства, что аминокислотная полноценность рациона значительно ослабляет вредное действие

скармливания зерна с высоким содержанием фузариотоксинов (вомитоксина) и афлатоксина.

## **16.5. 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 и птиц количество лизина, треонина, триптофана и метионина. Если достигнута их норма, то количество остальных незаменимых аминокислот в рационе, как правило, становится более чем достаточно. 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 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) (табл. 16.6).

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 в 1 кг пшеничного рациона:

$$\text{лизин: } 8,4 - 3,5 = 4,9 \text{ г}$$

$$\text{треонин } 4,8 - 3,5 = 1,3 \text{ г}$$

$$\text{метионин } 5,0 - 3,8 = 1,2 \text{ г}$$

Необходимо знать содержание основного вещества (аминокислоты) в препарате по сертификату. Содержание основного вещества в препаратах лизина дано по соли – лизину солянокислому, в которых на долю соляной кислоты приходится 20%.

Чтобы рассчитать количество собственно лизина (без соляной кислоты), нужно процентное содержание, указанное в сертификате, помножить на 0,8. Например, в кормовом лизине содержание лизина·НСI составляет 98 %, количество собственно лизина будет равно  $98 \times 0,8 = 78,4 \%$  (784 г/кг).

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

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

## 16.6. Доступность (усвояемость) 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 ис-

пользуемыми, т.е. доступность ограничивается процессами пищеварения, всасывания и поступления в кровяное русло.

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 антитрипсиновых и других факторов (алкилрезорциолов, фитиновой кислоты, алкалоидов, некрахмальных полисахаридов);

- длительное хранение зерна и комбикормов, особенно при повышенной влажности и температуре;

- 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 Maillard реакция лизина с углеводами, редуцирующими и нередуцирующими сахарами, в результате которой сахароза, глюкоза, раффиноза 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 аминокислот кормов путем их определения в содержимом терминальной части повздошной кишки (илеуме - ileum). Эти исследования проведены на свиньях и птицах.

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 в 85% доступности от общего их содержания может быть оптимальным для балансирования рационов свиней в доступных аминокислотах. Данные по доступности аминокислот в кормах, полученные илеальным методом в нашей лаборатории, представлены в таблице 16.5.

Балансирование рационов без учета доступности аминокислот может приводить к определенным ошибкам и недополучению ожидаемой продукции. Так, содержание лизина после определения на анализаторе в кг ячменя равно 4 г, в кг соевого жмыха – 23 г. Чтобы сбаланси-

ровать рацион для свиней по лизину в нем должно быть 76% ячменя и 24% соевого жмыха. В 1кг такого рациона количество лизина ячменя составляет 3 г [(4 × 76): 100], соевого жмыха – 5,5 г [(23 × 24): 100], общее количество лизина – 8,5 г, при норме 8,4. Потребность в доступном лизине равна 7,1 г [(8,4 × 85): 100]. Количество доступного лизина ячменя (табл. 16.7) составит 2,55 г [(3 × 85): 100], соевого жмыха 3,74 г [(5,53 × 68): 100], всего 6,29 г. Это ниже потребности в доступном лизине на 0,81г (7,10-6,29) или на 11,4%. Если не скорректировать рацион за счет увеличения сои или добавок кристаллического лизина, то приросты 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. Например, межсортные различия по уровню сырого белка у ячменя бывают 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.

Таблица 16.5 – 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

### 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 T-образную канюлю (рис. 16.2) с использованием инертного метчика  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (Dilger et al., 2004).

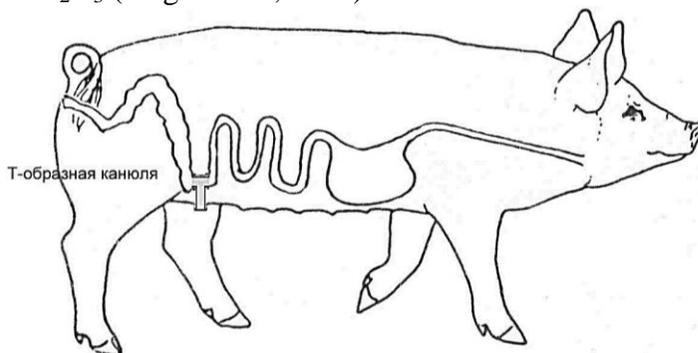


Рисунок 16.2 – Подсвинок с установленной T-образной канюлей в терминальной части илеума

Животных помещают в балансовую клетку, оборудованную кормушкой и поилкой. Температура в помещении 20-21°C. Животных 4 дня кормят опытным кормом для адаптации к нему, в течении последующих 2 дней собирают илеальный химус через канюлю по 12 часов непрерывно с 8 до 20 часов. Для расчета используют следующие уравнения.

Количество эндогенной аминокислоты (АКэ):

$$\text{АКэ (мг/кг ПСВ)} = \frac{\text{Сгк}}{\text{Сгх}} \times \text{АКх, где}$$

ПСВ – потребление сухого вещества, кг;

Сгк, Сгх и АКх – соответственно, концентрация хрома в корме (мг/кг СВ), хрома в химусе (мг/кг СВ) и аминокислоты в химусе на безбелковой (или 5-7% казеина) диете (мг/кг СВ).

Истинно илиально переваримая (ИИП) аминокислота:

$$\text{ИИП\%} = (\text{КИП} + [\text{АКэ}/\text{АКк}]) \times 100, \text{ где}$$

КИП – кажущаяся илиальная переваримость аминокислоты в виде десятичной дроби;

АКк – концентрация аминокислоты в изучаемом корме, мг/кг СВ.

Кажущаяся переваримость аминокислоты:

$$\text{КИП} = 100 - [(\text{Сгх}/\text{Сгк}) \times (\text{АКк}/\text{АКх}) \times 100], \text{ где}$$

Сгк, Сгх, АКк, АКх – соответственно, концентрация хрома в корме, хрома в химусе (мг/кг СВ), аминокислоты в корме и аминокислоты в химусе на опытной диете (мг/кг СВ).

Для производственных условий как быстрый и недорогой подходит метод определения доступного лизина, основанный на измерении плотности окраски, образуемой в результате реакции свободной  $\epsilon\text{-NH}_2$ -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.

## 16.7. Рациональное использование белка

### Потребность в белке – потребность в аминокислотах

С развитием исследований по аминокислотному питанию определился принципиально новый подход к пониманию и припрактическому 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 (Рядчиков В.Г., 1981). 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 перевариваемости 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 (табл. 21.3) 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 1:1,15. Оптимальное соотношение в приросте живой массы свиней оно равно 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, 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 на животных.

### **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 порядке 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 зерна кукурузы лизин и триптофан почти в равной мере являются первыми лимитирующими аминокислотами, второй – изолейцин (табл. 16.6).

Таблица 16.6 – Степень соответствия белка зерна, злаков потребности свиней 3-4-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. (табл. 16.7). 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. суммарно 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 желтой линией на рисунке 16.3.

Таблица 16.7 – 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 сверх норм, 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
Фенилаланин + 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 решается, прежде всего, 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 комбикорме довести до 24 % (табл. 16.7, рис. 16.3). Содержание сырого белка составит 18,2 %, количество лизина достигнет нормы потребности, 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 в 1 кг ячменно-соевого комбикорма.

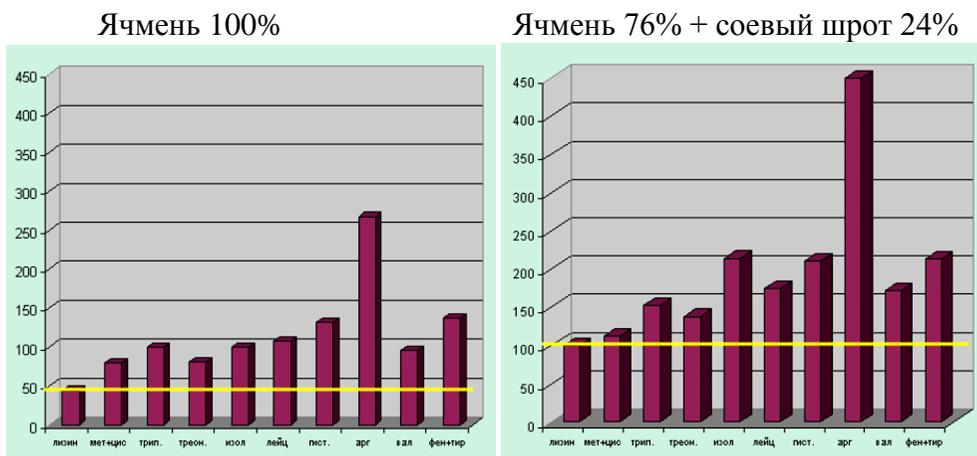


Рисунок 16.3 – Степень соответствия аминокислотного состава ячменя, ячменя+соевый шрот потребности свиней (50-70 кг ж.м.)



Рисунок 16.4 – Эффективность использование 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% вме-

сто 17,3% по нормам. Недостающие аминокислоты компенсировали за счет кристаллических препаратов лизина, триптофана, метионина, без избытка и недостатка.

Как показали опыты (табл. 16.8), 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 16.8 – Рост свиней на низкобелковых рационах, обогащенных кристаллическими аминокислотами (Рядчиков В.Г. 2005)

№ 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 5 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)

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

### 16.8. 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 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 (за счет расхода на поддержание) – высокими. Значит, недостаточное по энергии и белку кормление нерационально.

Вместе с тем, приходится наблюдать низкую продуктивность 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 со-

отношением 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. Наше предположение о наличии имбаланса 1-го типа, когда добавленная аминокислота лизин не была более лимитирующей, чем триптофан, подтвердилось в модельном опыте на белых крысах (табл. 16.9).

Таблица 16.9 – 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 потреб-

ности 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. 16.5). Кормили цыплят вволю.

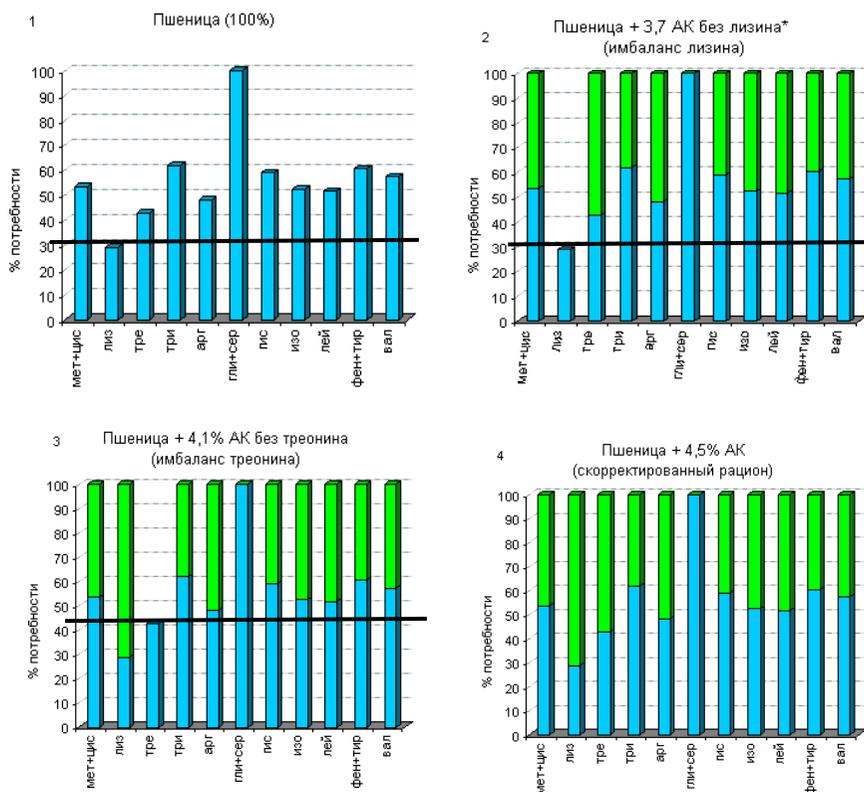


Рисунок 16.5 – Содержание незаменимых аминокислот в рационах цыплят-бройлеров в % от потребности. АК – смесь кристаллических аминокислот

Добавление смеси аминокислот до норм потребности, но без лизина или треонина, вызывало резкое снижение потребления корма (табл. 16.10). Животные первой группы поедали значительно больше корма, чем 2-ой, хотя уровни лизина в рационах этих групп были близкими. Цыплята в группе с имбалансом треонина потребление корма снизили еще более существенно. Эти результаты свидетельствуют, что фактором снижения аппетита является «избыток» нелIMITИРУЮЩИХ 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 показали отвес живой массы в среднем за сутки 3,1 г.

Таблица 16.10 – Потребление корма и рост бройлеров

Группа	Живая масса в начале опыта, г	Живая масса в конце опыта, г	Потребление корма, г/гол/сут	Среднесуточный прирост, г	Затраты на 1кг 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 черной черты–рисунок 16.5) оказывается «излишним» относительно 1-ой лимитирующей – лизина. Поэтому аминокислоты над чертой можно рассматривать как белок без одной аминокислоты (лизина), добавленной к основному рациону и создающий имбаланс. Этот принцип показан на рисунке 16.4.

Нельзя исключать также, что в монозерновых рационах может встречаться 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 (рис. 16.6).

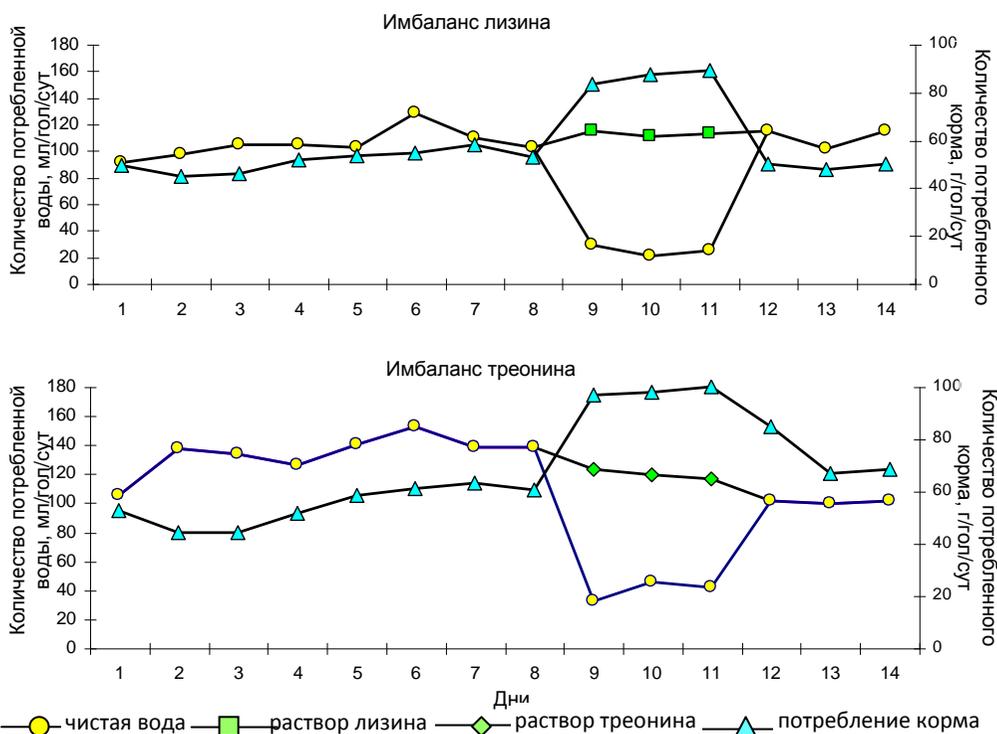


Рисунок 16.6 – Динамика потребления корма, воды и водных растворов лизина и треонина

Одновременно с потреблением растворов цыпленка существенно повысили потребление корма и среднесуточные приросты. Возврат на поение только водой сопровождался снижением потребления корма и роста цыпленка (табл. 16.11).

Таблица 16.11 – Среднесуточные приросты в опыте с поилками, г

Имбаланс	Период эксперимента		
	1-8 сутки вода	9-12 сутки вода и растворы аминокислот	13-14 сутки вода
Лизина	2,4	31,2	2,6
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, поэтому снижение потребления корма следует рассматривать как защитную ре-

акцию 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.

### **16.9. 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 приближенными, особенно, по метионину, цистину и аргинину. Это объясняется тем, что аминокислоты требуются не только как строительный материал белков тела, но и в значительной мере для синтеза некоторых ферментов, гормонов, пептидов и других биологически активных веществ.

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

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 (табл.16.12) (Рядчиков В. Г. 1969).

На основе собственных и исследований других авторов предлагаются соотношения аминокислот «идеального» белка (табл.21.2 стр. 335; табл. 22.1 стр. 373; табл.22.2 стр. 374). Балансирование не только по количеству, но соотношению аминокислот, будет иметь дополнительный эффект в увеличении продуктивности животных.

Таблица 16.12 – Эффективность балансирования рационов свиней по нормам, рассчитанным по молоку, и NRC-1968 ( 27 дней опыта)

Показатели	Полусинтетические		Практические	
	по молоку	NRC-1968	По молоку	NRC-1968
Ж.м. в начале кг.	15,8	15,9	15,4	15,4
в конце, кг	30,2	27,9	29,6	27,3
Среднесут. прирост,г	533	444	526	441
в % к NRC	120	100	119,3	100
Потребление корма,кг	1,50	1,42	1,38	1,41
Корм/прирост ж.м., кг	2,82	3,20	2,64	3,19
в % к NRC	88,1	100	82,8	100
Отложено азота, г	19,8	16,4	19,3	17,4
% от поступившего	48,2	45,2	46,9	45,2
% от переваренного	64,2	61,2	65,9	62,5

### Проверочные вопросы:

1. По каким признакам классифицируют белки?
2. Классификация по структуре(конформации) белковой молекулы.
3. L- и D-формы аминокислот, их биодоступность в питании животных.
4. Из каких веществ состоит молекула белка и их химическая структура?
5. Назовите незаменимые и заменимые аминокислоты. По какому признаку определяется незаменимость и заменимость?
6. Какие незаменимые аминокислоты называют наиболее лимитирующими (критическими) и почему?
7. Что такое биологическая ценность (БЦ) белка (кажущаяся и истинная), методы определения и уравнения расчета БЦ по Томасу и Томасу – Митчеллу.
8. Что такое илеальная доступность аминокислот? Методы её определения.
9. Какой белок называется идеальным?
10. Почему белок животных кормов превосходит по биологической ценности белок растительных?
11. Какие последствия для животного бывают при полном отсутствии или недостатке какой-либо незаменимой аминокислоты?
12. Какое действие на рост свиней и птиц оказывает отсутствие или недостаток заменимых аминокислот?
13. 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.

14. Какие препараты незаменимых аминокислот производят на заводах. Какие из них вводят в рационы свиней, птиц?
15. Какие препараты аминокислот применяют для использования в рационах коров. Чем они отличаются от аминокислот, применяемых в рационах моногастричных животных?

#### **Литература**

1. Аминокислотное питание свиней: Рекомендации. / В. Г. Рядчиков, Б. Д. Кальницкий, В. В. Щеглов, М. О. Омаров. – М.: МСХ РФ, 2000. – 62 с.
2. Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. / под редакцией В. Г. Рядчикова. // Материалы конференции – Краснодар, 2005. – 405 с.
3. 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. – 540 с.
4. Рядчиков В. Г. Аминокислотный состав молока свиноматок и нормы потребности аминокислот для поросят – отъемышей. *Wissenschaftliche zeitschrift der Universität Rostock* – 18. Jahrgang 1969, Heft ½, S. 309-313.
5. 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.
6. В.Г. Рядчиков, И.В. Тарабрин, Н.П. Радуль, Р.Х. Зиганшин. Пищевое поведение животных при разных формах баланса незаменимых аминокислот. *Сельскохозяйственная биология*, 2005, №2, с.3-13
7. Рядчиков В.Г. Идеальный белок в рационах свиней и птиц. /В. Г. Рядчиков, С. Л. Полежаев, М. О. Омаров. // *Животноводство России*, 2010. №2 С. 49-52.
8. *Amino Acids in Animal Nutrition*. 2<sup>nd</sup> Edition, J.P.F. D’Mello, CABI Publishing 2003, 440 p.
9. Dilger R. N., J. S. Sands, D. Ragland, O. Adeola. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean meal with added soyhulls. *J. Animal Sci.*, 2004, 82: 715-724.
10. Хелдт Г.-В. (Hans-Walter Heldt). Биохимия растений. Перевод с английского, под ред. профессора А.М.Носова, профессора В.В.Чуб. Москва БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 471 с.

## Глава 17. Качество белка для жвачных

### 17.1. Переваримость белка

Оценка белковой питательности кормов по уровню сырого и переваримого белка (протеина) недостаточна для организации эффективного питания. 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. Нормирование 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 их количество возможно по вкладу белков, поступивших в тонкий отдел кишечника.

Используя изотопы аминокислот, было показано, что классификация их на незаменимые и заменимые у коров и овец сходна с таковой у моногастричных (Black et al., 1957; Downes et al., 1961). Таким образом, из 20 аминокислот, присутствующих в естественных белках, 10 – аргинин, гистидин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, фенилаланин, треонин, триптофан, валин – являются незаменимыми для жвачных.

В настоящее время для свиней и птиц установлен состав идеального белка, который используется с высокой эффективностью. Поэтому разработка норм потребности в незаменимых аминокислотах и состава идеального белка и для жвачных животных является актуальной.

Источниками аминокислот, поступающих в обменный фонд организма, как уже указывалось, являются МСБ, НРБ 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.

## 17.2. 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 (табл. 17.1).

Таблица 17.1 – Характеристика фракций сырого белка (NRC–2001)

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 при оценке методом *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, танином, 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 приложении 2, составляют от 1,4%/час для селечной муки до 29,2%/час для подсолнечного шрота. Принимая  $K_y$  для каждого корма в размере 7%/час, размах 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.

### 17.3. 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%:  $МСБ(г)=130 г \times (СППВ-8\%)$  кг. (1)

**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:

$$МСБ=0,9РРБ \times 0,85=РРБ \times 0,765 \quad (2)$$

**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 18,34 кг ( $19 \times 0,965 = 18,34$ ), 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 2014 г ( $106 \times 19 = 2014$  г).

Расчет выхода МСБ по СППВ с учетом 8% поправки:

$$130 \times 12,68 = 1648 \text{ г,}$$

Расчет выхода МСБ по РРБ:

$$2014 \times 0,765 = 1541$$

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: СВ-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:

$$\text{РРБ} = A + V[K_p / (K_p + K_y)], \text{ где}$$

РРБ = РРБ корма, % СВ

A = фракция А, % СВ

V = фракция В, % СВ

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

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

$$\text{НРБ} = V[K_y / (K_p + K_y)] + C, \text{ где}$$

НРБ = НРБ корма, % СВ

V = фракция В, % СВ

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

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

C = фракция С, % СВ

Сумма РРБ + НРБ = 100% СВ

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  $K_y$  фракции В следующих кормов:

**Силоса и свежей зеленой массы трав:**

$$K_y = 3,054 + 0,614x_1 \text{ где}$$

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

$x_1$  – потребление СВ, % ЖМ.

**Сена и грубых сухих кормов:**

$$K_y = 3,362 + 0,479x_1 - 0,007x_2 - 0,017x_3, \text{ где}$$

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

$x_1$  – потребление СВ, % ЖМ;

$x_2$  – концентраты, % СВ;

$x_3$  – НДК корма, % СВ.

#### **Концентратов:**

$$K_y = 2,904 + 1,375x_1 - 0,020x_2, \text{ где}$$

$K_y$  – скорость убытия из рубца фракции В, %/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, рассчитывают 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

имеется в фракции 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. Для определения истинного переваривания НРБ наиболее широко используется метод 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 пропитанный в растворе пепсина/НСI 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.

#### **17.4. Обменный белок (ОБ)**

Синтезируемый в рубце микробный сырой белок (МСБ), нераспадаемый 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, обеспечивающим 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:  $[(80 \times 80)/100] = 64\%$  (0,64)

$$\text{ОБ} = \text{МСБ} \times 0,64 \quad (3)$$

2) Образование МСБ из РРБ рассчитывается:  $\text{МСБ} = \text{РРБ} \times 0,765$ ,  
Следовательно, образование ОБ из РРБ должно составить:

$$\text{ОБ} = \text{РРБ} \times 0,765 \times 0,64 = \text{РРБ} \times 0,49 \quad (4)$$

3) 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 кормов, которые представлены в приложении 2.

3) Установлено, что метаболический эндогенный белок в эндогенном сыром белке (ЭСБ) переднего отдела пищеварительного тракта (мукоидный белок слюны, белки эпителиальных клеток респираторного тракта, клеток слущивающегося эпителия пищевода, рубца, сетки, книжки и сычуга), переходящем в дуоденум, составляет 50%, переваримость которого в тонком кишечнике—80%, поэтому конверсия ЭСБ в метаболический эндогенный белок будет равна 40%  $[(50 \times 80)/100]$ . На каждый 1 кг потребленного сухого вещества образуется 1,9 г эндогенного азота (NRC—2001). Количество обменного белка, образуемого за счет ЭСБ, будет определяться уравнением:  $\text{ОБ}_{\text{ЭСБ}} = 1,9 \times 6,25 \times \text{ПСВ} \times 0,4$ . (5)

### 17.5. Потребность в обменном белке

Определение потребности в обменном белке основано на факториальном методе, который включает потребность на поддержание, продукцию и репродукцию.

#### а) Потребность на поддержание

Потребность в ОБ на поддержание рассчитывается по количеству эндогенного азота мочи, азота поверхностных белков (перхоти, волос, потовых и других секретов кожи), метаболического 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:

$$\text{ЧЭБ}_m \text{ (г/д)} = 2,75 \times \text{ЖМ}^{0,50} \quad (6)$$

Признавая эффективность конверсии ОБ в чистый белок по коэффициенту 0,67, потребность в ОБ на эндогенные затраты основного обмена белка составят:  $\text{ОБ}_z = 2,75/0,67 \times \text{ЖМ}^{0,50} = 4,1 \times \text{ЖМ}^{0,50}$  (7)

2) Чистый эндогенный поверхностный белок (ЧЭПБ) по уравнению Swanson (1977) составляет:  $\text{ЧЭПБ (г/д)} = 0,2 \times \text{ЖМ}^{0,60}$  (8)

Учитывая, что коэффициент конверсии ОБ в чистый белок равен 0,67, потребность в ОБ на поверхностный чистый белок составит:

$$\text{ОБлб} = 0,2 / 0,67 \times \text{ЖМ}^{0,60} = 0,3 \times \text{ЖМ}^{0,60} \quad (9)$$

3) Конверсия обменного белка корма в метаболический эндогенный белок (его можно назвать ЭБ) переднего отдела пищеварительного тракта происходит по коэффициенту 0,67, потребность в обменном белке на метаболический эндогенный белок рассчитывают по уравнению:  $\text{ЭБ} = [1,9 \times 6,25 \times \text{ПСВ (кг)} \times 0,4] / 0,67$  (10)

4) Метаболический белок кала (МБ<sub>к</sub>) рассчитывают по уравнению, основанному на потреблении количества сухого вещества:

$$\text{МБкл (г)} = 30 \times \text{ПСВ (кг)}, \quad (11)$$

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:

$$\text{ОБкл} = [(\text{ПСВ(кг)} \times 30) - 0,50((\text{бактериальный ОБ}/0,80) - \text{бактериальный ОБ})] \quad (12)$$

Общее уравнение для предсказания потребности в ОБ на поддержание (г/д):  $\text{ОБпд} = 4,1 \times \text{ЖМ}^{0,50} \text{ (кг)} + 0,3 \times \text{ЖМ}^{0,60} \text{ (кг)} + [(\text{ПСВ (кг)} \times 30) - 0,50 ((\text{бактериальный ОБ}/0,8) - \text{бактериальный ОБ})] + \text{ЭБ}/0,67;$  (13)

#### **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:  $\text{Бм (г)} = \text{М} \times \text{Б(г/кг)} \times 0,95,$  (14)

где М – надой молока, кг/д; Б – содержание белка в молоке, г/кг.

Коэффициент использования ОБ на чистый белок молока равен 0,67, поэтому потребность в ОБл на лактацию:  $\text{ОБл(г)} = \text{Бм(г)} / 0,67$  (15)

#### **в) Потребность в ОБ на стельность (ОБ<sub>ст</sub>)**

В период беременности питательные вещества нужны для роста плода, поддержания и роста матери, если она еще нетель или первотелка. 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 (ОЖМТР, кг) со стандартной массой голштинских

телят, равной 45 кг (ОЖМТР/45) от коров жм 730 кг и стандартным среднесуточным приростом 670 г.

Пример расчета ОЖМТР, кг и среднесуточного прироста для голштинской коровы с живой массой (без плода) 600 кг:

$$\text{ОЖМТР} = (6,25 \times 600) / 100 = 37,5 \text{ кг} \quad (16)$$

**Среднесуточный прирост в период беременности** =  $670 \times (37,5 / 45) = 558 \text{ г}$

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 в суточном приросте плода (г/д) =  $(558 \times 19) / 100 = 106$

Потребность в ОБ на рост плода (ОБр.пл):  $\text{ОБпл(г/д)} = 106 : 0,33 = 321 \quad (17)$

### **г) Потребность в ОБ на потери или прирост живой массы (ОБ±пжм)**

Потребность в чистом белке ЧБ (г/день) 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 коров средней упитанности (без содержимого желудочно-кишечного тракта и мочи) в среднем составляет 171 г. Пустое тело (без содержимого) составляет 81,7% от обычной живой массы. Следовательно, в 1 кг мобилизуемой живой массе содержится  $171 \times 0,817 = 139,7 \text{ г}$  белка. Мобилизуемый белок используется с такой же эффективностью, как всосавшиеся аминокислоты. Следовательно, с потерей 1 кг ж.м. корова дополнительно получает 139,7 г. белка, который относится к ОБ.

### **е) Потребность ОБ на прирост живой массы**

Эффективность использования ОБ на отложение белка в приросте живой массе = 59% ( $K = 0,59$ ). Следовательно, на отложение белка в 1 кг прироста живой массы потребуется:

$$\text{ОБпр.ж.м.} = 139,7 / 0,59 = 236,8 \text{ г/кг ж.м.} \quad (18)$$

### **Пример расчета потребности в ОБ на поддержание и лактацию**

Корова ж.м. 600 кг, надой молока 30 кг/день, содержание жира в молоке 3,8%, белка 3,3%, потребление СВ – 19 кг/день, переваримость СВ – 75%, содержание органических веществ (ОВ) – 96,5% (0,965 кг/кг СВ).

Потребность ОБ на поддержание (ОБ<sub>плд</sub>):

а) На эндогенный белок мочи (уравнение 7):  
 $ОБ_{Эбм}=4,1 \times ЖМ^{0,50}=4,1 \times 24,49=100,4 \text{ г}$

б) На эндогенный поверхностный белок (уравнение 9):

$$ОБ_{Эпб}=0,3 \times ЖМ^{0,60}=0,3 \times 46,4=13,9 \text{ г}$$

в) На эндогенный белок (ЭБ) переднего отдела пищеварительно-го тракта (уравнение 10):

$$ОБ_{Эб}=(1,9 \times 6,25 \times 19 \times 0,4)/0,67=133,9 \text{ г}$$

г) На метаболический эндогенный белок кала (уравнение 12):

$$ОБ_{кл}=[(ПСВ(кг) \times 30)-0,5((\text{микробный } ОБ/0,80) - \text{микробный } ОБ)] \\ = (19 \times 30) - 0,5 \times ((1053/0,8)-1053)=570-0,5 \times 263=438$$

Расчет микробного ОБ:

1 вариант – по сухому веществу (уравнение 1):

а) МСБ (г)=130хСППВ

б) СППВ=СВ(кг)×0,75×0,965=19×0,75×0,965=13,75

в) СППВ с 8% поправкой: 13,75×0,92=12,65 кг

г) МСБ=130×12,65=1645 г (уравнение 1)

д) чистый микробный белок=1645×0,8=1316 г

е) обменный микробный белок=1316×0,8=1053 г

2 вариант расчета микробного ОБ по РРБ:

$$ОБ_{РРБ}=2156 \times 0,49=1056 \text{ (уравнение 5)}$$

$$ОБ_{ид} = ОБ_{м} + ОБ_{эпб} + ОБ_{эб} + ОБ_{кл} = 100,4 + 13,9 + 133,9 + 438 = 686 \text{ г}$$

$$ЧБ_{д} = 30 \times 33 \times 0,95 = 941 \text{ г}$$

$$ОБ_{д} = 941 / 0,67 = 1404 \text{ г}$$

$$ОБ_{ид+д} = 686 + 1404 = 2090 \text{ г}$$

$$ОБ, \% СВ = 2090 / 19,8 = 10,56$$

### 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 1648 г МСБ требуется 1938 г РРБ (1648/0,85), с учетом коэффициента 0,9 используемого РРБ в рубце, общее количество потребленного сырого РРБ=1938/0,9=2153 г

$$\text{Количество НРБ} = СБ - РРБ = 3148 - 2153 = 995 \text{ г}$$

$$РРБ \% СВ = [(2,153 \times 100) / 19] = 11,3\%$$

$$НРБ \% СВ = [(0,995 \times 100) / 19] = 5,3\%$$

$$\text{Отношение РРБ:НРБ} = 68:32$$

## 17.6. Методика расчета обеспеченности коров усвояемыми аминокислотами

В качестве примера рассчитаем содержание усвояемых лизина и метионина в рационе коров жм 600 кг, надой 30 кг молока, содержание белка 3,3% в период лактации 22-120 дней (рацион в табл. 18.2).

Таблица 17.2 – Расчет количества истинно переваренных (усвоенных) лизина и метионина из 1 кг СВ рациона коров (содержание аминокислот в кормах и коэффициенты переваримости НРБ берут из приложения 2)

Корма	РРБ,г	НРБ,г	Коэффициент переваримости НРБ	ОБ из НРБ*, 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 (дёрть)	7,4	5,4	0,90	4,84	0,138	0,104
Пшеница (дёрть)	6,4	1,9	0,95	1,81	0,051	0,029
Ячмень (дёрть)	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	59,3		50,88	2,49	0,82

Расчет образования МСБ и ОБ в 1кг потребленного сухого вещества при содержании в нем 95% органического вещества и коэффициенте переваримости 75%:

1. Сумма переваримых органических питательных веществ в 1 кг СВ:

$$\text{СППВ} = 0,95 \times 0,75 = 0,713 \text{ кг}$$

$$2. \text{МСБ} = 130 \times 0,713 \times 0,92 = 85,3 \text{ г (уравнение 1)}$$

$$3. \text{ОБ} = 85,3 \times 0,64 = 54,6 \text{ г (уравнение 3)}$$

Расчет образования МСБ и ОБ на основе РРБ:  $\text{ОБ} = 107,8 \times 0,49 = 52,8$  (уравнение 5)

Цифры образования ОБ по потребленному сухому веществу и РРБ близкие, в среднем:  $\text{ОБ} = (54,6 + 52,8) / 2 = 53,7$

Используя данные по содержанию аминокислот в микробном белке рассчитывают содержание истинно всасавшихся лизина и метионина из обменного белка микробного происхождения (табл.17.3).

Используя коэффициенты переваримости НРБ (приложение 2) и данные по содержанию аминокислот в сыром белке отдельных кормов рассчитываем количество истинно переваримого НРБ (ИПНРБ) для каждого корма, содержание в каждом и суммарное количество усвояемых лизина и метионина. Оно составило соответственно 2,49 г лизина и 0,82 г метионина (табл.17.2). Количество усвояемых лизина и метионина из

ОБ микробного белка (г): лизин  $= (8,1 \times 53,7) / 100 = 4,35$ , метионин  $= (2,6 \times 53,7) / 100 = 1,40$ . Общее количество этих аминокислот при потреблении коровой одного кг сухого вещества составило: лизин:  $4,35 + 2,50 = 6,85$  г; метионин:  $1,40 + 0,82 = 2,22$  г.

Таблица 17.3 – Содержание аминокислот в микробном белке, г/100 г СБ

Лизин	8,1	Аланин	6,2
Гистидин	2,2	Цистин	1,1
Аргинин	5,5	Валин	6,6
Аспарат	11,5	Метионин	2,5
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

При потреблении коровой в день 19,8 кг сухого вещества в тонком кишечнике всосалось: лизина:  $6,85 \times 19,8 = 135,6$  г; метионина  $2,22 \times 19,8 = 44,0$  г.

Далее необходимо определить степень обеспеченности аминокислотами коров в соответствии с потребностью на поддержание и синтез белка молока. При определении потребности на поддержание и продукцию молока, используют соответственно данные аминокислотного состава суммарного белка тела крупного рогатого скота и белка молока. (табл.17.4)

Таблица 17.4 – Содержание аминокислот в белке тела крупного рогатого скота и белке коровьего молока (г/100 г белка)

Аминокислоты	Тело	Молоко
Лизин	8,0	7,8
Метионин	2,5	2,7
Триптофан	1,3	1,5
Треонин	4,6	4,0
Изолейцин	4,8	5,6
Лейцин	7,8	9,7
Фенилаланин	4,0	4,7
Валин	5,2	6,2
Гистидин	2,7	2,8
Аргинин	6,5	3,6
Аспарагиновая кислота	8,5	6,6
Серин	4,2	5,6
Глутаминовая кислота	14,4	20,0
Пролин	8,0	8,5
Глицин	7,5	2,0
Аланин	6,0	4,0
Цистин	1,4	1,2
Тирозин	3,0	3,0

Потребность в какой-либо усвояемой аминокислоте (УАК) на поддержание, беременность и продукцию (молоко, прирост живой массы) определяют по ее содержанию в чистом белке по уравнению:

$$\text{УАК}_{\text{потр}} = (\text{ЧБ} \times \text{АК} / 100) / \text{К}, \text{ где}$$

ЧБ – чистый белок поддержания или продукции (белок прироста ж.м., прироста плода, белок продукции молока)г;

АК – содержание аминокислоты, г/100г. белка (тела, молока) (табл. 17.4);

К – коэффициент использования усвояемой (всосавшейся в тонком кишечнике) аминокислоты, на ее физиологические функции (рост, лактацию, беременность), (табл. 17.5).

Таблица 17.5 - Коэффициенты использования всосавшихся аминокислот на физиологические функции (Fox D.G. and L.O. Tedeschi, 2003; Корнельский университет, США)

Аминокислоты	Поддержание	Рост, рост плода	Лактация
Лизин	0,85	0,53	0,85
Метионин	0,85	0,35	1,00*
Триптофан	0,85	0,85	0,85
Треонин	0,85	0,57	0,78
Изолейцин	0,66	0,32	0,66
Лейцин	0,66	0,42	0,72
Фенилаланин	0,85	0,48	0,98
Валин	0,66	0,32	0,62
Гистидин	0,85	0,32	0,96
Аргинин	0,85	0,38	0,35

\*– По нашим данным коэффициент использования усвояемого метионина на синтез белка молока составляет 0,82 (Рядчиков В.Г., Шляхова О.Г., 2013)

Потребность в чистом белке на поддержание, на прирост живой массы нетелей, коров, приплода, на образование молока определяют по потребности в обменном белке, умноженной на соответствующие коэффициенты эффективности ( $K_3$ ) использования обменного белка в чистый белок:

$K_{\text{пд}}$  – поддержание – 0,67

$K_{\text{пл}}$  – прирост массы плода – 0,33

$K_{\text{пр.ж.м.}}$  – прирост живой массы крупного рогатого скота – 0,59

$K_{\text{л}}$  – продукция молока (лактация) – 0,67

**Расчет потребности в усвояемых аминокислотах (УАК) по обменному белку производится по уравнению:**

$$\text{УАК} = (\text{ОБ} \times \text{К}_3 \times \text{АК}/100)/\text{К}$$

Например, потребность в усвояемом лизине на поддержание рассчитывают по уравнению:  $\text{УЛ} = (\text{ОБ}_{\text{пд}} \times \text{К}_{\text{пд}} \times \text{Л} / 100) / \text{КЛ}_{\text{пд}}$ , или  $(\text{ОБ}_{\text{пд}} \times \text{К}_{\text{пд}} \times \text{Л} \times 0,01) / \text{КЛ}_{\text{пд}}$ , где,

УЛ – потребность в усвояемом лизине, г/день;

ОБ – потребность в обменном белке на поддержание, г/день;

$K_{\text{пд}}$  – эффективность использования обменного белка на синтез чистого белка, равный 0,67;

$L$  – содержание лизина в теле, г/100 г белка, равное 8 г (табл.17.4)

$KL_{\text{пд}}$  – коэффициент использования лизина на поддержание, равный 0,85 (табл. 17.5).

Вернемся к примеру с лактирующей коровой: ж.м. 600 кг, надой молока 30 кг/день, содержание белка 3,3% (33 г/кг молока).

Потребность ОБ на поддержание установлена 686 г, на лактацию 1404 г(стр.271).

Потребность в усвояемом лизине (УЛ):

$$УЛ_{\text{пд}}(\text{г}) = (686 \times 0,67 \times 8 \times 0,01) / 0,85 = 43,3$$

$$УЛ_{\text{л}}(\text{г}) = (1404 \times 0,67 \times 7,8 \times 0,01) / 0,85 = 86,3$$

$$УЛ_{\text{общ}}(\text{г}) = 43,2 + 86,3 = 129,6$$

Баланс лизина(г) = 135,6 – 129,6 = 6,0, т.е. потребность в усвояемом лизине удовлетворена полностью, излишек лизина - 6,0 г. (+4,4%).

Потребность в усвояемом метионине (УМ):

$$УМ_{\text{пд}}(\text{г}) = (686 \times 0,67 \times 2,5 \times 0,01) / 0,85 = 13,5$$

$$УМ_{\text{л}}(\text{г}) = (1404 \times 0,67 \times 2,7 \times 0,01) / 0,82 = 31,0$$

$$УМ_{\text{общ}}(\text{г}) = 13,5 + 31,0 = 44,5$$

$$\text{Баланс метионина (г)} = 44,0 - 44,5 = -0,5$$

Дефицит метионина составил 0,5г (-1,13% от потребности).

Таким образом, рацион для коров в период лактации 22-120 дней, по содержанию усвояемого лизина сбалансирован, имеется незначительный дефицит метионина.

### 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.

### Литература

1. Кальницкий Б.Д., Харитонов Е.Л. Процессы ферментации белка в преджелудках жвачных и возможности оптимального нормирования белкового (аминокислотного) питания молочных коров. Кн. Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. С. 131-156. Краснодар 2005.
2. Попов И. С. Избранные труды / И. С. Попов. - М.: «Колос», 1966. - 808 с.
3. Рядчиков В.Г. Концентрация аминокислот в плазме крови у коров в переходный период, трансформация обменного белка, лизина и метионина в их компоненты молока в зависимости от уровня белка в рационе. / Рядчиков В.Г., Шляхова О.Г. - Труды Кубанского ГАУ, 2013, №5 (44), С.212-225.
4. Харитонов Е. Л. Физиология и биохимия питания молочного скота. / Е. Л. Харитонов. – Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011. – 372 с.
5. Fox D.G., L.O. Tedeschi. Predicting dietary amino acid adequacy for ruminants. In "Amino Acids in Animal Nutrition". 2<sup>nd</sup> Edition, J.P.F. D'Mello, CABI Publishing 2003, P. 389-410.
6. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, NRC, USA, 2001. 281p.
7. ARC The Nutrient Requirement of Ruminants Livestock 1980 / Slough, England.
8. Webster A. J. F., M.A. Kitcherside, J.R. Keirby, P.A. Hall. Evaluation of protein feeds for dairy cows. Anim. Prod., 1984, 8: 548.
9. Swanson E.W. Factors for computing requirements of protein for maintenance of cattle. J. Dairy Sci. 1977, 60: 1583-1593.

## **Раздел V. Нормы питания и рационы для сельскохозяйственных животных**

Разработка норм потребностей в питательных веществах – наиболее важное условие максимальной реализации генетического потенциала продуктивности, снижения затрат кормов на единицу продукции, сохранения хорошего здоровья и долголетия сельскохозяйственных животных.

Переход на 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; Денисова Н.И., 1948 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 кормовых единиц, переваримого белка 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 определения потребности в энергии и белке 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., 2002; Кальницкий Б.Д. и Харитонов Е.Л., 2005-2012; Цюпко В.В., 1986), для свиней (Богданов Г.А., 1990; Ноздрин Н.Т., 1985). Этим методом разработаны нормы незаменимых аминокислот для свиней (Рядчиков В.Г., 2008).

К сожалению, эти разработки не были использованы при составлении справочника «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных», надо думать, как противоречащие принципу единых норм.

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.

Хотя эти факторы рассматриваются как отдельные, они не являются независимыми один от другого. Потоки питательных веществ между различными физиологическими «компартаментами» животного (например, внутренними тканями, плодом и молочной железой) регулируются единой центральной нервной системой. Факториальный подход является удобным для математического моделирования, которое широко используется для установления количественных показателей питания и режимов кормления.

Установление количеств питательных веществ, потребных животным, описывается общим термином «кормовые нормы или стандарты». Кормовые нормы даны в справочнике «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» под редакцией академика А.П.Калашникова, М – 2003г. Другой термин – это «физиологическая потребность в питательных веществах», где указаны минимальные нормы потребности, полученные в опытах.

Ни один из них не является строго определенным, однако, различия между ними есть. Кормовые стандарты являются официально принятыми рекомендациями для практического животноводства, имеют страховой запас около +5%. При этом стандартные нормы являются более высокими, чем физиологические на уровне безопасной границы. Они позволяют обеспечивать потребность технологической группы, несмотря на вариации в потребности между отдельными животными.

Кормовые стандарты могут быть выражены общим количеством питательных веществ на голову/день или в процентах или граммов в 1кг сухого вещества рациона. Первый метод выражения используется, главным образом, для животных, которым дают точное количество корма, второе для животных, которых кормят по аппетиту.

## Глава 18. Нормы и рационы для молочного скота

### 18.1. Факториальный метод определения потребности в питательных веществах

Потребность коров в энергии, белке, минеральных веществах рассчитывается путем суммирования потребностей на следующие жизненно важные процессы:

а) на основной обмен (поддержание), которое включает затраты организма на поддержание постоянства температуры тела (с учетом живой массы и температуры окружающей среды), работу внутренних органов и мышц, обновление белка, обмен веществ;

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.

#### 18.1.1. Потребность в сухом веществе

При разработке рационов для коров потребность в сухом веществе (ПСВ) рассчитывают по уравнению Рослера (Roseler et al., 1997):

$ПСВ, \text{ кг/день} = (0,372 \times 4\%M + 0,0968 \times ЖМ^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (НЛ + 3,67))})$ , где

ПСВ – потребление сухого вещества, кг/день;

М – молоко, скорректированное на 4% жирность, кг/день;

$ЖМ^{0,75}$  – 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% в 4%-ое молоко:  $4\%M = (3,6 \times 30) / 4 = 27$  кг

2. Метаболическая живая масса:  $600^{0,75} = 600y^{0,75} = 121,2$  кг, где  $y^x$  - символ возведения в степень на инженерном калькуляторе.

3. Потребность в СВ на продукцию молока и поддержание:

$ПСВ_{пр + пд} = (0,372 \times 27 + 0,0968 \times 121,2) = 21,776 \approx 21,8$  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)  $-0,192 \times 6,67 = -1,2806$

$$в) \quad 2,718^{-1,286} = \frac{1}{2,718^{1,2806}} = \frac{1}{3,598} = 0,278$$

$$г) \quad 1-0,278=0,722$$

$$д) \quad ПСВ=21,8 \times 0,722=15,74 \approx 15,7 \text{ кг/день}$$

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%.**

$$1. \text{ Перевод } 3,6\% \text{ в } 4\% \text{-ое молоко: } 4\% \text{ М}=(3,6 \times 30)/4=27 \text{ кг}$$

$$2. \text{ Расчет метаболической живой массы: } ЖМ^{0,75}=600y^{0,75}=121,2 \text{ кг}$$

$$3. \text{ Потребность в СВ на продукцию молока и поддержание: } ПСВ_{пр+нд}=0,372 \times 27+0,0968 \times 121,2=21,776 \approx 21,8 \text{ кг}$$

$$4. \text{ Расчет поправки ПСВ в зависимости от недели лактации относительно отела по 2-ой части формулы: } (1-2,718^{(-0,192 \times (12+3,67))}):$$

$$а) \quad 12+3,67=15,67$$

$$б) \quad -0,192 \times 15,67=-3,0$$

$$в) \quad 2,718^{-3} = \frac{1}{2,718^3} = \frac{1}{20} = 0,05$$

$$г) \quad 1-0,05=0,95$$

$$5. \quad ПСВ=21,776 \times 0,95=20,7 \text{ кг/день}$$

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.

## 18.2. Потребность 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:

По рекомендации NRC-2001 потребность на поддержание молочных коров в  $NE_L$  (чистая энергия лактации) составляет  $0,080 \text{ Мкал/кг}^{0,75}$ . В пересчете на обменную энергию  $0,540 \text{ МДж/кг}^{0,75}$  ( $0,08 \times 4,184$ )/0,62. Живая масса коровы – 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 мо-

лока.

Энергетическая ценность компонентов молока:

1 г жира = 38,9 кДж (0,0389 МДж) чистой энергии

1 г белка = 22,9 кДж (0,0229 МДж) чистой энергии

1 г лактозы = 16,5 кДж (0,0165 МДж) чистой энергии

Чистую энергию 1 кг молока в МДж определяют по уравнению:

$$\mathbf{ЧЭ_{мл}=(0,389 \times Ж\%)+(0,229 \times Б\%)+(0,165 \times Л\%)}, \text{ где}$$

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 1 кг молока рассчитывают по уравнению:

$$\mathbf{ЧЭ_{мл}=(0,389 \times Ж\%)+(0,229 \times Б\%)+0,80}$$

В данном случае принимают стандартное содержание лактозы, равное 4,85% и энергию 1 г 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:  $\mathbf{ОЭ_{мл}=ЧЭ_{мл}/0,62}$ , или  $\mathbf{ЧЭ_{мл} \times 1,61}$ .

Общая потребность в обменной энергии на суточный надой молока (лактацию) рассчитывается:  $\mathbf{ОЭ_{л}, МДж=ЧЭ_{мл} \times 1,61 \times М}$ , 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.

$$\mathbf{ЧЭ_{мл}=(0,389 \times 3,6)+(0,229 \times 3,3)+0,80}$$

а)  $\mathbf{0,389 \times 3,6=1,400}$

б)  $\mathbf{0,229 \times 3,3=0,756}$

в)  $\mathbf{1,400+0,756+0,800=2,956}$

$\mathbf{ЧЭ_{мл}=2,956}$  МДж, т.е. чистая энергия 1 кг молока равна 2,956 МДж

Потребность в обменной энергии корма на производство 1 кг молока:  $\mathbf{ОЭ_{мл}=2,956 \times 1,61=4,76}$  МДж.

Потребность в ОЭ на 30 кг молока:

$$\mathbf{ОЭ_{л}=4,76 \times 30=142,8 \text{ МДж}}$$

Суточная потребность коровы в ОЭ корма на поддержание+продукцию:  $\mathbf{ОЭ_{пл+пр}=65,4+142,8=208,2 \text{ МДж/день}}$

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 1 кг мобилизуемой ткани составляет 25 МДж. Коэффициент использования этой энергии на производство молока составляет 0,82. Следовательно, мобилизация 1 кг 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 снижения продуктивности. Примерный рацион для коров в период 0-21 день см. в приложении 7. Вместе с тем, количество жира в рационе необходимо увеличивать постепенно, чтобы не вызвать расстройство пищеварения: по 100 г через день.

### 18.3. 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:  $ОЭ_{ст} \text{ (Мкал)} = (2 \times 0,00159 \times Д_{ст} - 0,0352) / 0,14$ , где

$Д_{ст}$  – 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:

$$ОЭ_{ст} = (2 \times 0,00159 \times 240 - 0,0352) / 0,14 = 5,2 \text{ Мкал}$$

Для перевода Мкал в МДж:

$$5,2 \times 4,184 = 21,76 \approx 21,8 \text{ МДж/день}$$

### 18.4. Потребность лактирующих коров в сыром белке (СБ)

Нормирование потребности коров в белке факториальным методом производится с учетом потребности на поддержание, синтез молочного белка и белка плода по рекомендациям ARC (1980).

#### Потребность в сыром белке 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 0,01 г на 1 г потребленного сухого вещества:

$$ОБК = 0,01 \times СВ, \text{ г,}$$

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:

$$ЭБМ = 2,75 \times ЖМ^{0,50}, \text{ г,}$$

где  $ЖМ^{0,50}$  – живая масса животного в степени 0,50

Эндогенный поверхностный белок (ЭПБ) связан с метаболической массой животного и определяется по формуле:

$$ЭПБ = 0,2 \times ЖМ^{0,60}, \text{ г,}$$

где  $ЖМ^{0,60}$  – живая масса животного в степени 0,60 (поверхность тела).

Таким образом, потребность в чистом белке на поддержание:

$$\mathbf{ЧБ_{пд} = ОБК + ЭБМ + ЭПБ}$$

СБ корма используется на образование чистого белка поддержания с эффективностью 0,34. Следовательно, потребность в СБ на поддержание составляет:

$$\mathbf{СБ_{пд} (г/сутки) = (ОБК + ЭБМ + ЭПБ) / 0,34}$$

### **Потребность в СБ на производство молока (на лактацию) (СБл)**

Потребность молочных коров в чистом белке (ЧБ) на молокообразование ( $ЧБ_{мл}$ ) зависит от его содержания в 1 кг молока и суточного надоя:

$$\mathbf{ЧБ_{мл} = Б_{мл} \times М \times 0,95,}$$

где  $Б_{мл}$  – 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:

$$\mathbf{СБ_{л} = ЧБ_{мл} / 0,34.}$$

### **Потребность в ЧБ на изменение живой массы**

Изменение живой массы в течение лактации могут быть в виде ее потерь или прироста. При потере 1 кг живой массы у коров компенсируется 140 г потребности в чистом белке, а на прирост 1 кг живой массы требуется 237 г чистого белка:

$$\mathbf{ЧБ_{потерь} = 140 \Delta ЖМ, г,}$$

$$\mathbf{ЧБ_{прироста} = 237 \Delta ЖМ, г,}$$

где  $\Delta ЖМ$  – среднесуточный прирост (или среднесуточная потеря) живой массы в килограммах.

### **Потребность в ЧБ на стельность ( $ЧБ_{ст}$ )**

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 ( $ЖМ_{т}$ ) при рождении, определяют по уравнению:

$$\mathbf{ЧБ_{ст} = 5 ЖМ_{т}^{0,75}, г,}$$

где  $ЖМт^{0,75}$  – 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:

$$СБ=5 ЖМ^{0,75}/0,34.$$

Суммарная потребность в СБ, рассчитанная факториальным методом:

$$СБ_{потр}=(СБ_{ид}+СБ_{л}+СБ_{пр(или\ потерь)}+ СБ_{ст})/0,34;$$

**Пример** расчета суточной потребности в сыром белке факториальным методом для коровы с живой массой 600кг, удоем 30 кг, содержанием жира в молоке 3,6%, белка 3,3% на 3-ей неделе лактации, потребление сухого вещества 15,7 кг/день.

**Потребность на поддержание ( $СБ_{ид}$ )** 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.

$$\text{Обменный белок кала: } ОБК=0,01 \times 15700=157 \text{ г/сутки,}$$

где **15700** – потребленное сухое вещество, г (15,7 кг);

- эндогенный белок мочи:  $ЭБМ=2,75 \times 600^{0,50} =2,75 \times 24,5=67,4$  г/сутки;

- эндогенный поверхностный белок:  $ЭПБ=0,2 \times 600^{0,60}=0,2 \times 46,4=9,3$  г/сутки.

Общая потребность в чистом белке на поддержание жизни равна:

$$СБ_{ид}=157+67,4+9,3=233,7 \approx 234 \text{ г/сутки}$$

Потребность в чистом белке для производства молока за лактацию равна:

$$СБ_{мл}=33 \times 30 \times 0,95=940,5 \approx 941 \text{ г}$$

Потери живой массы в первые три недели лактации после отела 1,73 кг/сутки (см. пример на стр. 284) при 140 г чистого белка в кг ЖМ компенсируется 242 г чистого белка ( $140 \times 1,73 \times 0,8=242$ ). Суммарная потребность в чистом белке равна:

$$\Sigma СБ=СБ_{ид}+СБ_{мл}-СБ_{потерьжм} =234+941-242=933 \text{ г/сутки.}$$

При эффективности использования СБ корма на синтез чистого белка, равной 0,34, суточная потребность в СБ= $933/0,34=2744$  г.

Следовательно, на 3 неделе лактации в 1кг СБ должны быть 175 г СБ ( $2744/15,7=175$ ) или 17,5%.

## 18.5. Потребность коров в усвояемых кальции и фосфоре

### Кальций

**Поддержание.** Потребность в усвояемом (доступном) кальции ( $Ca_y$ ) на поддержание составляет 0,031 г/кг живой массы. Общая потребность на поддержание:

$$Ca_{yнд} = 0,031 \text{ г} \times \text{Ж.М.}, \text{ где Ж.М. – живая масса коровы, кг}$$

**Лактация.** Потребность на производства молока составляет 1,3 г усвояемого Ca на кг молока. На суточный удой молока:  $Ca_{yл} = 1,3 \times M$ , где  $M$  – надой молока в кг/сутки.

**Стебельность.** Потребность на развитие плода рассчитывают, начиная со 190 дня беременности по уравнению Хаус и Белл (Hose and Bell, 1993).

$$Ca_{yст} \text{ (г/д)} = 0,02456 e^{(0,05581 - 0,00007)t} - 0,02456 e^{(0,05581 - 0,00007)(t-1)(t-1)},$$

где  $t$  – дней беременности;

$e$  – основание натурального логарифма, равное 2,718.

**Пример расчета потребности в  $Ca_y$ .** Корова ж.м. 630 кг, суточный надой 16 кг молока, 200 дней стельности, потребление СВ – 16 кг.

Потребность на поддержание:

$$Ca_{yнд} = 0,031 \times 630 = 19,53 \text{ г}$$

Потребность на лактацию:

$$Ca_{yл} = 1,3 \times 16 = 20,8 \text{ г}$$

Потребность на стельность:

$$Ca_{yст} = 0,02456 \times 2,718^{(0,05581 - 0,00007 \times 200) \times 200} - 0,02456 \times 2,718^{(0,05581 - 0,00007(200-1))(200-1)} = 2,85$$

$$0,00007 \times 200 = 0,014$$

$$0,05581 - 0,014 = 0,04181$$

$$0,04181 \times 200 = 8,362$$

$$2,718^{8,362} = 4277,5$$

$$200 - 1 = 199$$

$$0,00007 \times 199 = 0,01393$$

$$0,05581 - 0,01393 = 0,04188$$

$$0,04188 \times 199 = 8,334$$

$$2,718^{8,334} = 4159,4$$

$$0,02456 \times 4277,5 = 105,0$$

$$0,02456 \times 4159,4 = 102,15$$

$$105 - 102,15 = 2,85 \text{ г.}$$

Общая потребность в усвояемом Ca:

$$Ca_y = Ca_{yнд} + Ca_{yл} + Ca_{yст} = 19,53 + 20,8 + 2,85 = 43,18$$

По NRC 2001 усвояемость Ca из сена, силоса, сенажа составляет 30% (коэфф. 0,3), из концкормов 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:  $Ca_{общ} = 43,18 : 0,405 = 106,6$  г/день.

В расчете на 1 кг СВ:  $106,6/16 = 6,66$  г (0,67%).

### Фосфор

**Поддержание:** 1 г усвояемого фосфора ( $P_y$ ) на 1 кг потребленного сухого вещества плюс 0,002 г/кг ж.м.:

$$P_{\text{уд}} = 1 \text{ г} \times \text{ПСВ} + 0,002 \times \text{Ж.М.},$$

где **ПСВ** – потребление сухого вещества, кг/день.

**Лактация:** 0,9 г усвояемого фосфора на 1 кг молока:

$$P_{\text{ул}} = 0,9 \times M,$$

где **M** – надой молока, кг/день.

**Стельность** по уравнению:

$$P_{\text{уст}} = 0,02743e^{(0,05527-0,000075)t} - 0,02743e^{(0,05527-0,000075(t-1))(t-1)}$$

**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:

$$P_{\text{уд}} = 1 \text{ г} \times 16 = 16 + 0,002 \times 600 = 16 + 1,2 = 17,2 \text{ г усв. фосфора}$$

Лактация:

$$P_{\text{ул}} = 0,9 \times 16 = 14,4 \text{ г усв. фосфора}$$

Стельность:

$$P_{\text{уст}} = 0,02743 \times 2,718^{(0,05527-0,000075 \times 200)200} - 0,02743 \times 2,718^{(0,05527-0,000075 \times 199)199} = 2,16$$

$$0,000075 \times 200 = 0,015$$

$$0,05527 - 0,015 = 0,04027$$

$$0,04027 \times 200 = 8,054$$

$$2,718^x \times 8,054 = 3143,7$$

$$0,000075 \times 199 = 0,014925$$

$$0,05527 - 0,014925 = 0,040345$$

$$0,040345 \times 199 = 8,028655$$

$$2,718^x \times 8,028655 = 3065,1$$

$$0,02743 \times 3143,7 = 86,23$$

$$0,02743 \times 3065,1 = 84,07$$

$$86,23 - 84,07 = 2,16 \text{ – фосфора.}$$

Общая потребность в усвояемом фосфоре:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{уд}} + P_{\text{ул}} + P_{\text{уст}} = 17,2 + 14,4 + 2,16 = 33,76$$

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).

Потребность в общем фосфоре:  $P_{\text{общ}} = 33,76 / 0,661 = 51,07$  г/день.

В расчете на 1 кг СВ:  $51,07 / 16 = 3,19$  г (0,32%)

## 18.6. Нормы питательных веществ для лактирующих коров

На базе факториального метода разработаны нормы питания для коров, представленные в таблице 18.1

Таблица 18.1 – Нормы содержания питательных веществ в рационах коров крупных и средних пород (ж.м. 600 кг), содержание в молоке: жира – 3,6%, белка – 3,3%, периоды лактации: 0-21, 22 и далее дней после отела

Показатели	Надой, кг/д			0-21 дней		22 и далее дней				
	2	3	4	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	
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	
Со, мг/кг	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
Си, 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	

Обозначения: СВ – сухое вещество; ОЭ – обменная энергия; РРБ - распадаемый в рубце белок; НРБ – нераспадаемый в рубце белок; НДК – нейтрально-детергентная клетчатка; КДК – кислотно-детергентная клетчатка; НСУ- неструктурные углеводы; СВОК:СВК – отношение сухого вещества объемистых кормов к сухому веществу концентратов.

## 18.7. Методика составления рационов по сухому веществу

### 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, состав отдельных кормов и рациона для жвачных животных рассчитывают на абсолютно – сухое вещество (100% сухого вещества), для нежвачны – свиней, птиц 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. Рационы для разных возрастных и производственных групп свиней даны в приложениях 21-28, для кур несушек- приложении 29, цыплят яичных кроссов приложении 30, для бройлеров – 31.

### Технология составления рационов для коров

Нормы питательных веществ построены с учетом физиологического состояния коров (беременность, стадия лактации), молочной продуктивности, состава молока: I фаза – 0-21 дн. после отела; II – 22-120 дн. после отела (период интенсивной лактации); III – 121-200 дн. после отела; IV – 201 дн. и далее; V – первая фаза сухостоя (225-264 дн. беременности); VI – заключительная фаза беременности (21-0 дн. до отела). Такая дифференциация обусловлена не только разной количественной потребностью, но и необходимостью соответствующего каждой фазе качества корма: концентрации энергии, белка, минералов и т.д. в кг СВ рациона.

Нормы потребности для лактирующих коров, рассчитанные факториальным методом, представлены в таблице 18.1. Если коровы, для которых нужно составить рацион, по живой массе, продуктивности, составу молока, не укладываются в параметры этих норм, то пользователь сам должен с помощью факториального метода (стр.277-289) рассчитать потребность в сухом веществе, энергии и сыром белке для конкретной

коровы, группы или стада коров. Наиболее важным требованием является сбалансированность рациона по концентрации питательных веществ в расчете на кг СВ, как показателя качества корма.

### **18.8. Пример составления рационов для лактирующих коров**

**Задание.** Составить рацион для коровы ж.м. 600 кг, суточный надой молока 30 кг, содержание в молоке жира 3,6%, 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 ( $\text{CaCO}_3$ )

Соль поваренная ( $\text{NaCl}$ )

### **Порядок составления рационов**

На первом этапе необходимо установить потребность в общем количестве сухого вещества (кг/гол/день) и обменной энергии (МДж/гол/день) на базе имеющихся норм или путем расчета факториальным методом. Для указанной коровы требуется 19,8 кг СВ и 213,8 МДж ОЭ (табл. 18.1).

Далее необходимо определить, сколько сухого вещества и энергии рациона должно приходиться на объемистые корма (СВОК) (силос, сенаж, сено, а также свекловичный жом) и сколько сухого вещества на долю концентратов (СВК) (зерно, жмыхи, шроты, свекловичная патока). По нормам это соотношение должно быть СВОК:СВК=50:50 (табл. 18.1)

Из общего количества сухого вещества необходимо исключить долю минеральных веществ (фосфорно-кальциевых, поваренной соли) 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, кг/кг НВ	СВ, т	% СВ
Силос кукур. – 10000 тонн	× 0,35=	3500	47,5
Сенаж люц. – 4000 тонн	× 0,50=	2000	27,1
Сено люц. – 1500 тонн	× 0,85=	1275	17,3
Сырой жом – 5000 тонн	× 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.

	СВ
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
	<hr/> 9,64 кг

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
	<hr/> 5,78 кг

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
	<hr/> 3,86 кг

Количество сухого вещества каждого компонента и общее количество 19,8 кг СВ рациона вносим в первую графу таблицы 18.2 расчета состава рациона. Затем рассчитываем количество СВ каждого компонента в % от общего количества (19,8 кг СВ = 100%). Эти данные вносим во вторую графу таблицы. т.е. подобно тому как выражают ингредиенты в комбикормах для птиц и свиней. В третью графу вносим количество сухого вещества каждого компонента рациона в количестве его содержания в килограмме СВ полнокомпонентного рациона (кг/кг).

Сейчас коров кормят полнокомпонентной смесью, состоящей из грубых, сочных, концентрированных кормов, минеральных и витаминных добавок (рис. 18.1). По сути это комбикорм и его состав можно рассчитывать по количеству каждого ингредиента, выраженного в сухом веществе.

Используя данные состава кормов (приложение 1) в таблице 18.2 рассчитываем содержание питательных веществ в 1кг сухого вещества рациона. Затем показатели содержания ОЭ, СБ, НРБ, РРБ, НДК, НСУ, Са, Р и др. суммируют по строчке «Итого» и сравнивают полученные результаты с нормами потребности в 1 кг СВ (табл. 18.1). Такой расчет позволяет сопоставить концентрацию питательных веществ в 1 кг СВ рациона с нормами потребности, выраженными также в 1 кг сухого вещества.

Оказалось, что количество сырого белка несколько меньше, чем требуется по нормам. Поэтому необходимо сделать корректировку рациона. Уменьшение количества отрубей до 0,4 кг СВ вместо 0,579 кг и увеличение подсолнечного жмыха на 0,18 кг СВ привело к норме белка при том же количестве СВ белковых кормов:

Соевый жмых	1,93 кг
Подсолнечный жмых	1,53 кг
Отруби	0,40 кг
	<hr/>
	3,86 кг

Содержание в кормах микроэлементов, витаминов А, Д, Е в практических условиях не рассчитывают. Необходимое их количество вносят в рацион в составе премикса в расчете на 1 кг СВ: *вит А – 8000 МЕ, Д<sub>3</sub> – 1500МЕ, 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.*

Важно определить количество β-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 в зимних рационах как единственный источник витамина А не приходится.



Рисунок 18.1 – Коровы едят полнокомпонентную кормосмесь

Расчет суточного рациона в натуральных кормах производят делением общего количества сухого вещества (кг) каждого корма на содержание сухого вещества в кг натурального корма. 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 в рационе должно составить:  $4,58:0,35=13,1$  кг. Подобные расчеты перевода сухого вещества в натуральное делают по каждому корму: сенаж  $2,61:0,5=5,22$ ; сено  $1,67:0,85=1,96$ ; жом  $0,78:0,12=6,5$ ; патока  $0,58:0,77=0,75$ ; кукуруза  $2,66:0,88=3,02$ ; пшеница  $1,27:0,88=1,44$ ; ячмень  $1,27:0,88=1,44$ ; соевый жмых  $1,93:0,9=2,14$ ; подсолнечный жмых  $1,53:0,9=1,70$ ; отруби  $0,40:0,89=0,45$ . Окончательно рацион для использования на ферме должен выглядеть, как показано в таблице 18.3.

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.

Катионно-анионный баланс (КАБ) соответствует нормам (табл. 18.2).

Таблица 18.2 – Расчет состава рациона для лактирующих коров Ж.М. 600 кг, суточный надой молока 30 кг, содержание в молоке жира 3,6%, белка 3,3%, стадия лактации 22-120 дн после отела

Корма	СВ			ОЭ, МДж	СБ, г	НРБ, г	РРБ, г	НДК, г	КДК, г	НСУ, г	Са		Р		Mg, г	К, 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	3,6	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.	1,53	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	168,6	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-анионного баланса, мг экв.

Содержится в 1 кг СВ, мг

	Атомная масса	=	Мг экв.	Разница:
К 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 18.3. – Рацион для лактирующих коров, Ж.М. 600 кг, суточный надой 30 кг, содержание в молоке жира 3,6%, белка 3,3%, период лактации - 10 неделя после отела

Дата:	Составитель (ФИО)			
Корма	НВ, кг	НВ, %	СВ, кг	СВ, %
Силос кукур.	13,11	34,2	4,58	23,1
Сенаж люц.	5,20	13,6	2,61	13,2
Сено люц.	1,96	5,1	1,67	8,5
Жом сырой	6,50	17,0	0,78	4,0
Кукуруза (дёрть)	3,02	7,9	2,66	13,4
Пшеница (дёрть)	1,44	3,8	1,27	6,4
Ячмень (дёрть)	1,44	3,8	1,27	6,4
Патока	0,75	2,0	0,58	3,0
Жмых соев.	2,14	5,6	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	0,3	0,12	0,6
Итого	38,24	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
НРБ, г	1180	1109	59,6	56
РРБ, 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				

Состав рациона в % натурального вещества используют для приготовления полнокомпонентной смеси на технологическую группу коров. Чаще всего, в миксер закладывают концентраты не по отдельности, а в виде комбикорма. Для данного рациона состав комбикорма в % по массе такой: кукуруза – 28, пшеница – 13,4, ячмень – 13,4, жмых соевый – 20, жмых подсолнечный – 16, отруби – 4,2, премикс – 1,8, мел – 1,8,

соль – 1,2. Общее количество комбикорма в кормосмеси составляет 10,72 кг или 28% НВ.

Если коровы хорошо поедают кормосмесь и видно, что установленного по рациону количества не хватает, то его увеличивают, примерно, на 5%, то есть  $38,24 \text{ кг} \times 1,05 = 40,15 \text{ кг}$ , состав кормосмеси в %НВ при этом сохраняется. Наоборот, если имеет место недостаточно хорошее поедание (10-12% остатков), то количество корма снижают на 5% ( $38,24 \times 0,95 = 36,33$ ), но при этом состав кормосмеси в %НВ сохраняется.

### **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 и производство молока?
7. Что нужно знать при составлении рационов для сельскохозяйственных животных?
8. Как рассчитать потребность в доступном (усвояемом) и общем Са и Р?

### **Литература**

1. Григорьев Н. Г. Биологическая полноценность кормов / Н. Г. Григорьев, Н. П. Волков, Е. С. Воробьев, А. В. Гарист, А. И. Фицев, Ф. В. Воронкова. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – 287 с.
2. Харитонов Е. Л. Физиология и биохимия питания молочного скота. / Е. Л. Харитонов. – Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011. – 372 с.
3. Рядчиков В. Г. Питание высокопродуктивных коров. / В. Г. Рядчиков, Н. И. Подворок, С. А. Потехин. – Краснодар, 2002. – 86 с.
4. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, NRC, USA, 2001. 281p.
5. ARC The Nutrient Requirement of Ruminants Livestock 1980 / Slough, England.
6. Roseler D.K., D.G.Fox, L.E. Chase, A.N. Pell, W.C. Stone. / Dewelopment and evaluation of equations for the prediction of feed intake for lactating Holstein dairy cows. J Dairy Sci., 1997, 80: 878-893.
7. Hause W.A., A.W. Bell. – Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows. J Dairy Sci., 1993, 1973, 76: 2999-3010.

## Глава 19. Питание высокопродуктивных коров в пред- и послеродовой (переходный) период

### 19.1. 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. 19.1).



Рисунок 19.1. – Потребление корма в предродовом и послеродовом периодах

Недостающие энергия и питательные вещества – белки, жиры, углеводы, кальций и другие – поступают за счет мобилизации этих ве-

ществ 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 (Drackley J. K. et al., 1999).

## 19.2. Метаболические заболевания

Чаще всего коровы в переходный период страдают от заболеваний кетозом, ацидозом рубца, воспалительных процессов половых органов, поражения копытного рога и стопы, родильным 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 19.2 – 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 по-

тока, она накапливает в себе жир (синдром жирной печени, рис 19.2, 19.3), что резко ухудшает ее способность образовывать глюкозу и осуществлять другие жизненно важные функции. Концентрация неэтерифицированных 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. 19.4).

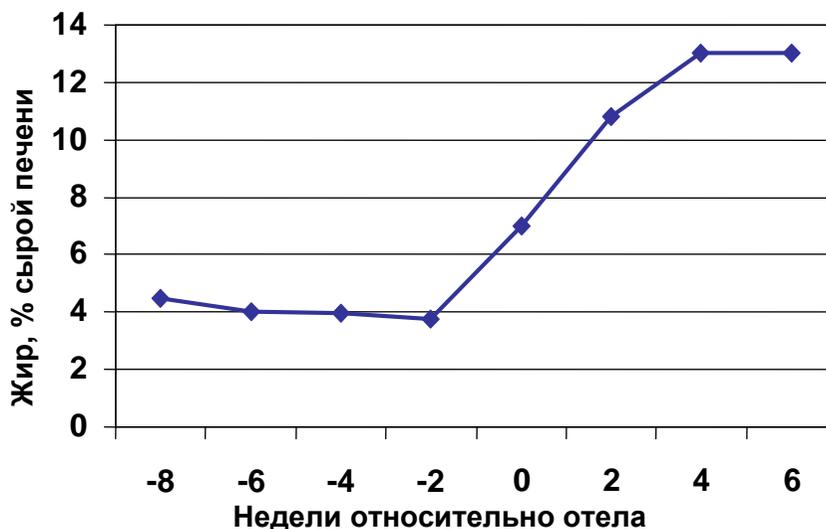


Рисунок 19.3 – Изменение содержания жира в печени коровы в предродовом и послеродовом периодах



Рисунок 19.4 – Изменение концентрации неэтерифицированных жирных кислот (НЭЖК) в крови коров в пред- и послеродовой периодах

Значительная часть неиспользованных жирных кислот превращается в кетоновые тела – ацетоуксусную,  $\beta$ -гидроксимасляную (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 (Nachenberg S. et al., 2007).

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 послелотельный 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 (Stelleta C. et al., 2005; Penner G. B. et al., 2007).

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. 19.5).

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 19.5 – 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 релизинг-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 (Bossaert P. et al., 2008).

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-дигидроксивитамина 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-дигидроксивитамина 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:  $КАБ=(Na+K)-(Cl+S)$ .

### 19.3. Нормы и 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, приходятся 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 ограниченным в соответствии с нормативами для голштинских коров 10-12 кг СВ. (табл. 19.1).

**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 BCS (body condition score) (рис. 19.6 и стр. 305). 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.

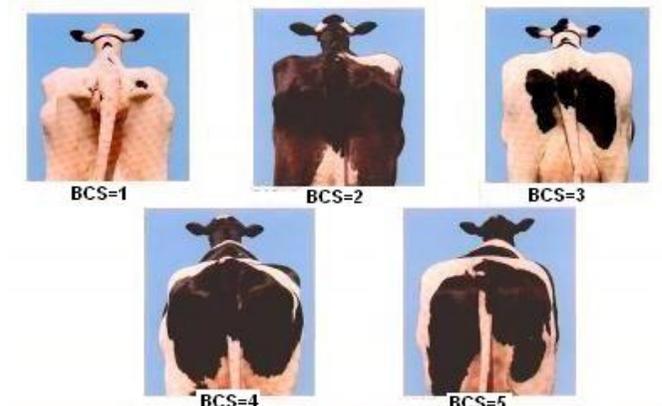


Таблица 19.1 – Нормы питательных веществ для сухостойных коров, нетелей 4-8,5 мес. беременности и в заключительную фазу беременности 21-0 дней, % и г/кг СВ.

Показатели	Сухостойные коровы		Нетели	
	60-22 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
J, 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 спина	Остистые отростки к поперечным отросткам	Поперечные отростки	Округленность поясничных поперечнорезберных отростков (при заполненном рубце)	Маклоки и седлицинные бугры	Между маклоками и седлицинными 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								
Костяк ярко выражен, заметно выступает	1.50								
	1.75	просматриваются отдельные отростки спины	впадина просматривается	1/2 видимой длины отростков	явный выступ	выступающие	резкая впадина		Кости выступают, U-образная впадина под хвостом
	2.00			между 1/2 и 1/3 видимой длины					
	2.25	отчетливо выступает хребет		1/3-1/4 видим. длины	умеренный выступ		слабое заполнение тканями	выраженные западины	начальные признаки жировых отложений
Костяк хорошо сглаживается кожными покровами	2.50								
	2.75			<1/4 видимой длины	слабый выступ	сглаженные	вогнутость	умеренно запавшие	кости сглажены, впадина под хвостом уменьшена, имеется жировая ткань
	3.00			отростки слегка видимы					
Костяк не просматривается	3.25	сглаженный хребет, отростки спины не просматриваются	плавный наклон	просматриваются отдельные ребра, отростки не видны		скрытые	малая вогнутость	небольшие западины	
	3.50								
	3.75								
	4.00	ровная спина, никакие отростки не видны	почти ровный	гладкий, округлый хребет	нет выступа	покрыты жиром	покатость	ровное	кости скрыты под жиром, слабое жировое заполнение впадины под хвостом
Очень жирная кондиция	4.25								
	4.50			хребет едва просматривается		скрыты жиром	ровное		кости скрыты под жиром, впадина заполнена жиром, формируется округлость тела
	4.75								
5.00	жирная спина	округлый (выпуклый)	жирная спина	выполненность бока		округлое	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. Рядчикова

Рисунок 19.6 – Руководство по определению упитанности коров и нетелей в баллах BCS

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 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 170–180г (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: овес>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 будет тогда, 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 (о НДК и НСУ читайте на стр. 19-21).

На некоторых фермах практикуется раскладка в базах длинного сена для поедания по желанию животных в дополнение к полнорационной кормосмеси, в которой присутствует сенная резка. Исследования показывают, что такой прием не имеет положительного действия на продуктивность коров. Наоборот, при свободном доступе к длинному сену суточный набор молока снижался на 0,8-1 кг.

**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  $\text{K}$ .

**Вода.** Поению коров в переходный период необходимо придавать исключительное внимание. Потребность в воде зависит от количества потребляемого сухого вещества, продукции молока, температуры окружающей среды, концентрации  $\text{NaCl}$  в корме. Влага непрерывно теряется при дыхании из легких до 5 литров в день, с фекалиями до 35% воды, столько же с молоком при удое 20-30 кг в сутки. Выделение с мочей варьирует от 5 до 30% в зависимости от количества и влажности потребляемых кормов. Потребность в воде лактирующих коров определяют по уравнению (Murphy et al., 1983):

Потребность в воде, л/день= $15,99+1,58 \times \text{СВ} \text{кг/д} + 0,9 \times \text{М} \text{кг/д} + 0,05 \times \text{На} \text{г/д} + 1,20 \times \text{мин темп.} \text{ } ^\circ\text{С}$ ,

где СВ – потребление сухого вещества, кг/д;

М – надой молока, кг/д;

На– потребление натрия, г/д;

$^\circ\text{С}$  – увеличение температуры сверх комфортной, которая составляет  $18^\circ\text{С}$ .

Таблица 19.2 – Потребление коровами воды в зависимости от температуры окружающей среды и суточного надоя молока, литров/сутки

Температура	9 кг/д	27кг/д	36кг/д	45кг/д
До $5^\circ\text{С}$	46	84	103	122
До $15^\circ\text{С}$	55	99	121	143
До $28^\circ\text{С}$	68	104	147	174
До $36^\circ\text{С}$	80	125	165	190

Коровы за минуту выпивают 18-25 литров воды. Поступление воды в поилки должно составлять 6-9 литров в минуту. Поение более теплой водой благоприятно сказывается на продуктивности, если температура воды составляет не  $3^\circ\text{С}$ , а  $17^\circ\text{С}$ , молочная продуктивность повышается на 1 литр на корову в сутки.

Недостаточное потребление воды отрицательно сказывается на потреблении корма и продуктивности, у животных нарушается теплорегуляция, наблюдается редкое мочеиспускание, твердый кал. Не редки случаи воспаления мочевыделительной системы, образования почечных камней.

#### Проверочные вопросы:

1. Какие метаболические заболевания происходят у коров в переходный период и чем они обусловлены?
2. Наиболее сложные недели и месяцы в обмене веществ переходного периода.
3. Причины и признаки заболевания коров кетозом, методы кормовой профилактики.
4. Причины и признаки заболевания коров ацидозом, методы кормовой профилактики.
5. Причины и признаки нарушения воспроизводительных функций у коров. Методы пищевой профилактики.
6. Значение упитанности коров и нетелей, меры по ее регуляции.
7. Нормы питания и рационы кормления коров и нетелей в 1-ю и 2-ю фазы сухостоя.
8. Нормы питания и рационы для коров в период 0-21 дн. после отела.
9. Нормы и рационы в период пика лактации 22-120 дн. после отела.
10. Пищевые факторы и средства нормализации рН рубцового содержимого.

11. Значение клетчатки и ее нормативы для коров в переходный период (НДК, фэ НДК).

### Литература

1. Попов И. С. Избранные труды / И. С. Попов. - М.: «Колос», 1966. – 808 с.
2. Drackley J.K. Biology of dairy cows during transition period: the final frontier. *J. Dairy Sci.*, 1999, 82: 2259-2273.
3. Hachenberg S., Weinkauff C., Hiss S., Sauerwein H. Evaluation of classification modes potentially suitable to identify metabolic stress in healthy dairy cows during the periparturient period. *J. Anim. Sci.*, 2007, 85: 1923-1932.
4. Stelletta C., Badan M., Morganti M., Gianesella M., Berzaghi P., Rovarotto L., Lotto A., Andrighetto I. Acid-base status, and the pH of feces, urine, muzzle and uterus in dairy cows affected by subacute rumen acidosis (SARA). *J. Anim. Sci.*, 2005, 83: 133 (abstr).
5. Penner G.B., Beauchemin K.A., Mutsvanga T. Severity of ruminal acidosis in primiparous holstein cows during the periparturient period. *J. Dairy Sci.*, 2007, 90: 365-375.
6. Bossaert P., Leroy J.L. M.R., Devliegher S., Opsomer G. Interrelations between glucose-induced insulin response, metabolic indicators and time of first ovulation in high-yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 2008, 91: 3363-3372.
7. Murphy, M. R., C. L. Davis, G. C. McCoy. Factors affecting water consumption by Holstein cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 1983, 66: 35-38.



Коровы на водопое (с картины А.Степанова, 1858-1923)

## Глава 20. Выращивание коров (от теленка к корове)

### 20.1. Возраст оплодотворения ремонтных телок

Продуктивность и здоровье коров закладываются в течение всего периода выращивания, начиная со дня рождения телочки и до первых родов, когда она становится коровой. Один из путей снижения затрат на ферме состоит в снижении возраста к первому отелу.

Отечественными рекомендациями предусматривается живая масса телок крупных пород к случке (осеменению) должна достигать 363 кг в 16-месячном возрасте, при среднесуточном приросте за весь период выращивания 0,7 кг, отел в 25-26 – месячном возрасте.

Современная практика высокопродуктивных ферм стремится к тому, чтобы корова первый раз телилась в 23-24 месячном возрасте, так как коровы в более молодом возрасте начинают возвращать сделанные на них затраты быстрее. Молочных телят обычно отделяют от матери сразу после рождения и кормят молоком или заменителем молока. С 5-6 дня телят приучают к поеданию стартерного комбикорма, который дается вволю, и отнимают от молока в 5-8-недельном возрасте, когда они поедают 0,7 кг стартера в день. В течение этого времени, самое главное, иметь телят здоровыми и энергичными. Такой режим кормления обеспечивает прирост 300-400 г/день в первые две недели жизни, затем приросты повышаются по мере повышения потребления стартера.

Необходимо стремиться к тому, чтобы голштинские телки давали прирост примерно по 800 г/день от рождения до случки, осемененные при живой массе 363 кг, в период беременности давали прирост около 800-900 г/день (другие породы должны расти пропорционально относительно живой массы взрослого животного). Такая программа роста обеспечивает осеменение в 13-14 месяцев и отел в 23-24 месяца (табл. 20.1).

В целях снижения проблем с отелом и повышения продуктивности голштинские нетели к родам вместе с плодом должны весить 600-630 кг (540-560 кг после родов). Имеющиеся данные показывают, что надой первотелки будет снижаться на 70 кг на каждые 10 кг живой массы ниже указанного оптимума.

При быстром росте снижаются затраты энергии на поддержание от рождения до первого отела, расход кормов и денежных средств на выращивание коров будут снижаться. В то же время исследования показали, что при росте >900 г/день в период между отъемом телок от молока и случкой при отеле ранее 22 месяцев надой молока снижается и появляются проблемы со здоровьем.

Выращивание здоровых ремонтных телок, способных реализовать свой генетический потенциал продуктивности, будучи коровами, возможно при соблюдении современных норм энергетического и белкового питания, технологий содержания в процессе всего периода «от теленка до коровы», создания комфортных условий для животных.

Таблица 20.1 – Программа выращивания и осеменения ремонтных телок в 14 месяцев и получения коров-первотелок крупных пород в 24 мес.

Возраст, мес.	Среднесуточный прирост ж.м., кг			Живая масса, кг		
	От теленка до коровы	нетель	Плод+плацента+пл одна жидкость	Телки и нетели	В т.ч.	
					мать	плод
0-3	0,69	×	×	38-100	×	×
3-6	0,80	×	×	100-172	×	×
6-9	0,80	×	×	172-244	×	×
9-12	0,80	×	×	244-316	×	×
13	0,80	×	×	340	×	×
14 (случка)	0,80	×	×	364	×	×
15 (1)*	0,80	0,8	-	388	388,0	-
16 (2)	0,80	0,8	-	412	412,0	-
17 (3)	0,80	0,8	-	436	436,0	-
18 (4)	0,80	0,8	-	460	460,0	-
19 (5)	0,83	0,83	-	484,9	484,9	-
20 (6)	0,83	0,48	0,35	509,8	499,3	10,5
21 (7)	0,85	0,43	0,40	535,8	513,3	22,5
22 (8)	0,85	0,33	0,50	560,7	523,2	37,5
23 (9)	0,85	0,25	0,60	586,2	530,7	55,5
23,3 (10)	0,85	0,15	0,70	597,7	535,2	62,5

\* - в скобках указаны месяцы беременности.

Желательно, чтобы корова телилась каждый год. При 12 месячном межотельном интервале корова произведет одного теленка в год и будет иметь большую долю своего времени на пиковые лактации (40-60 дней после отела), чем когда корова имеет длительный межотельный интервал.

В условиях высокопродуктивного молочного животноводства некоторые специалисты задаются вопросом, и предлагают, как они считают, экономически выгодные технологии длинного межотельного интервала (до 18 месяцев) при использовании лактационных стимуляторов, таких как бычий соматотропин (бСТ), который повышает устойчивость лактации (Vande Naag and St-Pierre, 2006). Серьезные проблемы со здоровьем, происходящие в первые 2 недели после отела, экономические потери из-за меньшего количества телят на корову, могут перевешиваться меньшими проблемами со здоровьем, меньшими трудностями с ремонтом стада и меньшим количеством сухостойных дней относительно дней, когда корова доится. Однако такая технология должна быть хорошо изучена с точки зрения её экономической целесообразности.

Есть предположение, что сухостойный период менее 60 дней может быть более экономически выгодным, чем 60 дней. Однако сравнение разной продолжительности сухостойного периода высокопродуктивных коров (0, 15, 30, 45 и 60 дн.) показали, что оптимальным является 60-дневный сухостойный период.

## 20.2. Нормы питания и рационы для телят

От рождения до перевода на сухой корм в организме телят происходят важные физиологические и метаболические изменения. В предрубцовый 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.

### **20.2.1. 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) составляет 8-10 % от живой массы 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 по NRC-2001:

- 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 (NRC 2001):

$$\text{ОЭ}_{\text{ссп}}(\text{Мкал})=[(0,84 \times \text{ЖМ}^{0,355} \times \text{ССП}^{1,2}) \times 0,69] / 0,652$$

Коэффициенты конверсии обменной энергии в чистую энергию для телят на молоке (ЗЦМ) и стартере =0,652, для телок на стартере =0,57.

**Пример № 1.** Расчет потребности в обменной энергии для телочки (ж.м. 50 кг), среднесуточный прирост 0,7 кг.

1) Метаболическая живая масса (кг):

$$\text{МЖМ}=50^{0,75}=18,8 \text{ кг}$$

2) Потребность ОЭ на поддержание (МДж/д):

$$\text{ОЭ}_{\text{пл}}=0,436 \times 18,8=8,2 \text{ МДж}$$

3) Потребность ОЭ на ССП живой массы (Мкал):

$$\text{ОЭ}_{\text{ссп}}=[(0,84 \times 50^{0,355} \times 0,7^{1,2}) \times 0,69] / 0,652=[0,84 \times 4,01 \times 0,652 \times 0,69] / 0,652=1,515 / 0,652=2,324$$

4) Мкал переводим в МДж: 2,324 × 4,184=9,72 МДж

5) Общая потребность в ОЭ: 8,2+9,72=17,92 МДж/д

**Пример № 2.** Расчет потребности в ОЭ для телки (ж.м. 100кг), ССП – 0,8 кг.

1) Метаболическая живая масса (кг): МЖМ=100<sup>0,75</sup>=31,6 кг

2) Потребность ОЭ на поддержание (МДж/д):

$$\text{ОЭ}_{\text{пл}}=0,48 \times 31,6=15,2 \text{ МДж}$$

3) Потребность ОЭ на ССП живой массы (Мкал):

$$\text{ОЭ}_{\text{ссп}}=[(0,84 \times 100^{0,355} \times 0,8^{1,2}) \times 0,69] / 0,57=2,29 / 0,57=4,02$$

4) Мкал переводим в МДж: 4,02 × 4,184=16,8 МДж

5) Общая потребность в ОЭ: 15,2+16,8=31,9 МДж/д

## 20.2.2. Потребность телят 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 (NRC 2001):

$$\text{пСБ}(\text{г/д})=6,25 \times [1/\text{БЦ} \times (\text{ЭН}_{\text{м}} + \text{N}_{\text{ссп}} + \text{N}_{\text{кл}} \times \text{СВ}) - \text{N}_{\text{кл}} \times \text{СВ}], \text{ где}$$

пСБ – переваримый сырой белок, (г/д)

6,25 – азот-белковый фактор,

$0,2 \times \text{жм}^{0,75}$ ,  $\text{ЭN}_M$  – эндогенный азот мочи, равный 0,2 г/кг<sup>0,75</sup>, рассчитывается

$\text{N}_{\text{ссп}}$  – азот среднесуточного прироста, равный 30 г/кг прироста ж.м.,

$\text{N}_{\text{кл}}$  – метаболический (эндогенный) азот кала, равный 1,9 г/кг потребленного сухого вещества молока, 3,3 г/кг СВ стартерного комбикорма,

**БЦ** – биологическая ценность, равная для молока и ЗЦМ – 0,80

**Пример № 1.** Определение потребности в пСБ для телочки (ж.м. 50 кг), ССП – 0,7 кг

1)  $1/0,80=1,25$

2)  $\text{ЭN}_M=0,2 \times 50^{0,75}=0,2 \times 18,8=3,76$  г

3)  $\text{N}_{\text{ссп}}=30 \times 0,7=21$  г

4)  $\text{N}_{\text{кл}}$  – 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 кг потребленного сухого вещества (молоко+стартер):

$1,9 \times 0,6 + 3,3 \times 0,4 = 1,14 + 1,32 = 2,46$  г

Потребление СВ: 1,04 кг/д (таблица 20.2)

$\text{N}_{\text{кл}}=2,46 \times 1,04=2,56$  г

5)  $\text{пСБ(г/д)}=6,25 \times [1,25 \times (3,76 + 21 + 2,56 \times 1,04) - 2,56 \times 1,04] = 6,25 \times [1,25 \times (24,76 + 2,66) - 2,66] = 6,25 \times [1,25 \times (27,42) - 2,66] = 6,25 \times (34,28 - 2,66) = 6,25 \times 31,62 = 198$

б) Перевод переваримого сырого 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:  $\text{СБ(г/д)}=198/0,86=230$

Таблица 20.2 – Потребность в энергии и белке телят при выращивании на рационах молоко (ЗЦМ) + стартер (NRC-2001)

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

В таблице 20.2 представлены рассчитанные факториальным методом, 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 20.3 для отнятых от молока и ЗЦМ телят от 50-60 кг до 100 кг живой массы на рационе со стартером №2.

**Пример № 2.** Расчет потребности в сыром белке для телочки (100 кг ж.м.) и среднесуточном приросте ж.м. 0,8 кг. Кормление только стартером, БЦ стартера = 0,70. Конверсия СБ в пСБ = 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)  $\text{пСБ(г/д)}=6,25 \times [1,37 \times (6,32+24+8,68 \times 2,63)-8,68 \times 2,63]=$   
 $=6,25 \times [1,37 \times (6,32+24+22,83)-22,83]=6,25 \times [1,37 \times (53,15)-22,83]=$   
 $=6,25 \times (72,8-22,83)=6,25 \times 50=312,5 \approx 313$

б) потребность в СБ:  $313/0,75=417 \text{ г/д}$

Окружающая температура влияет на потребность в энергии на поддержание. Термонеутральная 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 20.3 – Потребность в энергии и белке телочек при выращивании на стартерном рационе без молока и ЗЦМ (NRC-2001)

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 20.4 – Влияние температуры окружающей среды на потребность телят (ж.м. 45 кг) 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

Критическая температура для телят до 3-х недельного возраста 15-25°C, для телят >3-х недель – 10°C.

Таблица 20.5 – 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.

### 20.3. Заменители молока, стартеры

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, улучшение всасывания в кишечнике и конверсии 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 (табл. 20.6, 20.7) количество молока на выпойку можно ограничить до 150-180 кг (табл.20.8).

Скорость роста телят в период ограниченного жидкого кормления значительно ниже, чем у телят, потребляющих больше молока. Ограниченное кормление молоком при раннем приучении к стартеру, способствует более раннему развитию рубцового пищеварения и более экономичному получению прироста. Вместе с тем, есть доказательства, что при очень низком потреблении молока (10% от ж.м.) трудно обеспечить оптимальное здоровье и хорошо функционирующую иммунную систему, особенно, при плохих условиях содержания.

В зарубежной практике телят отнимают от молока, когда они устойчиво начинают поедать 0,7 кг хорошего стартера. Это может произойти в возрасте 4 недель. Важным фактором хорошего поедания стартера является свободный доступ к воде, предоставление вкусного стартерного корма (лучше в грубой текстуре, чем мелкой), корм должен быть свежим, сухим и непораженным плесенью. Главное – создание стабильного рубцового рН выше 5,5.

Таблица 20.6 – 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

1	2	3
КСІ	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 20.7 – Состав стартера № 1 (гранулы)

Ингредиенты	Количество, % на базе СВ
1	2
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

1	2
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; дикальций 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.

Таблица 20.8. – 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 20.9, 20.10. 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% (табл. 20.9) телята растут быстрее и меньше болеют. Необходимо контролировать содержание аминокислот в ЗЦМ и стартере (табл. 20.10).

Таблица 20.9 – 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 20.10 – 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
СВ, %	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	Гирозин, %	0,73	1,93
Р, %	0,64	0,61	Валин, %	1,55	0,94
Лизин, %	2,41	1,02	СВ, г/МДж ОЭ	13,2	14,9
Гриптофан, %	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 20.11 – 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 белок, г	182,0
Ячмень(дёрть)	25,0	Сырая клетчатка, г	38,0
Соя экструдированная	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 А, М.Е.	10000	Цинк, мг	40
Витамин Д <sub>3</sub> , М.Е.	1500	Иод, мг	0,5
Витамин Е, М.Е.	40	Железо, мг	25,0
Лизин, г	9,5		
Метионин+цистин, г	6,1		
Треонин, г	6,0		

## 20.4. Нормы питания и рационы для ремонтных телок

На основе обобщения имеющихся в научной литературе данных по составу тела растущих телок на рисунках 20.1и 20.2 представлено отложение жира и белка 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 накормленных. 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 приросту без учета голодной выдержки:  $0,8 / 0,96 = 0,833$  кг.

#### 20.4.1. Потребность в энергии

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 ЖМ г.в.<sup>0,75</sup> (живой массы после голодной выдержки);

ОЭЖ – обменная энергия, затраченная на отложение жира в среднесуточном приросте живой массы голодной выдержки (ССПЖМ г.в.);

ОЭБ – обменная энергия, затраченная на отложение белка в ССПЖМ г.в.

Полное уравнения расчета потребности в ОЭ (МДж/гол/д):

$$\text{ОЭ} = 0,58 \times \text{ЖМ г.в.}^{0,75} + (0,0393 \times \text{Ж} + 0,0232 \times \text{Б}) / 0,395, \text{ где}$$

0,0393 – энергетическая ценность 1 г жира (МДж),

0,0232 – энергетическая ценность 1 г белка (МДж);

0,395 – 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 ЖМ г.в. и ССПЖМ г.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 рисунках 20.1 и 20.2 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.

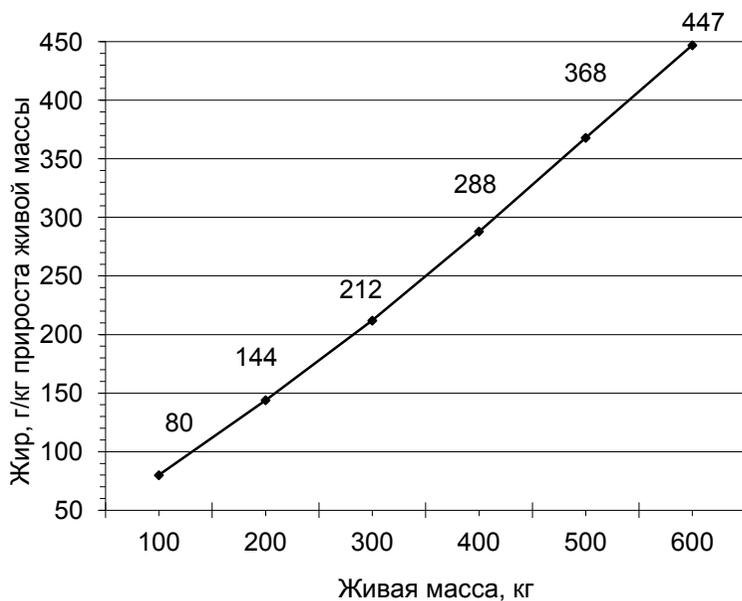


Рисунок 20.1 – Отложение жира в 1 кг прироста живой массы ремонтных телок молочных пород

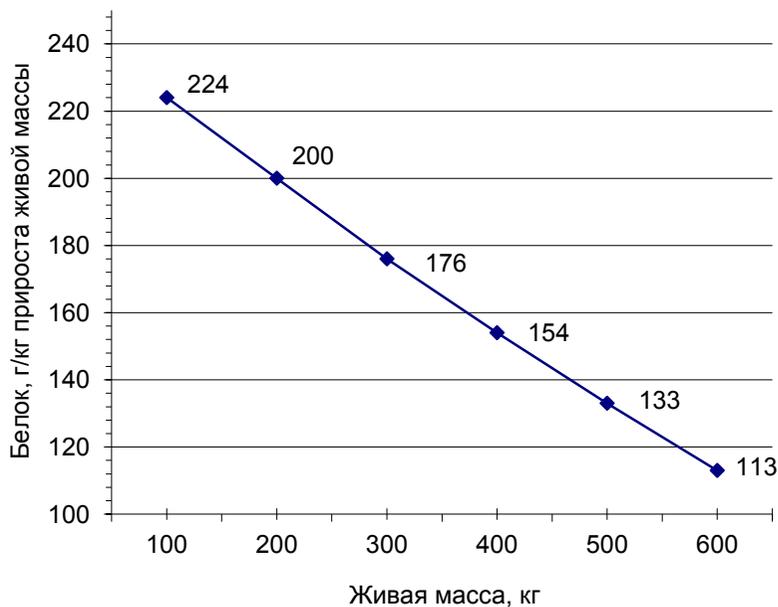


Рисунок 20.2 – Отложение белка в 1 кг прироста живой массы ремонтных телок молочных пород

Следовательно, потребность в обменной энергии составит:  $OЭсп (МДж/д)=41,8+(0,0393 \times 170+0,0232 \times 141)/0,395=41,8(6,68+3,27)/0,395=41,8+25,2=67$

Таблица 20.12 – 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> Волосной и кожный покров: 1 – сухой и чистый, 2 – не сильно грязная нижняя часть тела, 3 – сырое и грязное.

#### 20.4.2. Потребность в белке

Потребность в белке складывается из потребности на поддержание и потребности на отложение белка в среднесуточном приросте. Затраты чистого белка на поддержание включают 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, потерь 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 определяют по наклонной на рисунке 20.2. 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 ЖМ г.в. – 300 кг (полная живая масса 300/0,96=312 кг): среднесуточный прирост ЖМ г.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 20.2 находим отложение белка в приросте телки:  $176 \times 0,8=141$  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:  $307/0,36=853$  г/день

## 20.5. Нормы потребности для ремонтных телок

В таблице 20.13 представлены нормы для ремонтных телок средних пород, в таблице 20.14 – для голштинских телок.

Таблица 20.13 – 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 20.14 – 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 20.15 – Потребность ремонтных телок в НСУ, НДК, КДК, минеральных веществах и витаминах (к нормам в таблицах 20.13 и 20.14.) 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 20.16 – Рацион для ремонтных телок в возрасте 3-6 месяцев, ж.м. 96-177 кг, с.с. прирост 800 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, 14.



Рис.20.3. Выращивание телят в индивидуальных домиках

#### **Проверочные вопросы:**

1. В каком возрасте у телят формируется рубцовое пищеварение?
2. Существующие нормы и способы снижения затрат молока на выгойку телят?
3. Стандартная живая масса телят голштинской породы при рождении, в 3, 6 и 12 месячном возрасте?
4. В каком возрасте и при какой живой массе рекомендуют случать ремонтных телок молочных пород?
5. Состав ЗЦМ: структура, содержание белка, (% СВ), ОЭ энергии (МДж/кг СВ), лизина (% СВ).
6. Состав стартерных кормов для телят 0-3 мес. возраста: структура, содержание белка (% СВ), ОЭ энергии (МДж/кг СВ), лизина (% СВ).

#### **Литература**

1. Нормы и рационы кормления с.-х. животных. / А. П. Калашников [и др.]. – М.: Агропромиздат, 2003. – 436 с.
2. VandeHaar M. J., N. St-Pierre. Major advances in nutrition: relevance to the sustainability of the dairy industry. J. Dairy Sci. 2006, 89:1280-1291.
3. Nutrient Requirement of Dairy Cattle, NRC, USA, 2001. 281p.
4. ARC The Nutrient Requirement of Ruminants Livestock 1980 / Slough, England.

## Глава 21. Нормы питания и рационы для свиней

Чтобы конкурировать 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.

### 21.1. Определение норм потребности факториальным методом

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 размещения животных.

### 21.2. 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 метаболическую массу рассчитывают суточную потребность в энергии на поддержание с помощью инженерного калькулятора (табл. 21.1).

$$ОЭ_{нд}(кДж/д)=523 \times Ж.М.^{0,75}$$

**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 (Tess M.W. et al., 1984). 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 рисунках 21.1 и 21.2, 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 21.1 – 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:

$$ОЭ_{гол/сут} = 523 \text{ кДж} \times \text{ж.м.}^{0,75} + 56,2 \text{ кДж} \times \text{Ж} + 50,2 \text{ кДж} \times \text{Б},$$

где **ж.м.**<sup>0,75</sup> – 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 для растущих свиней, даны в таблице 21.3.

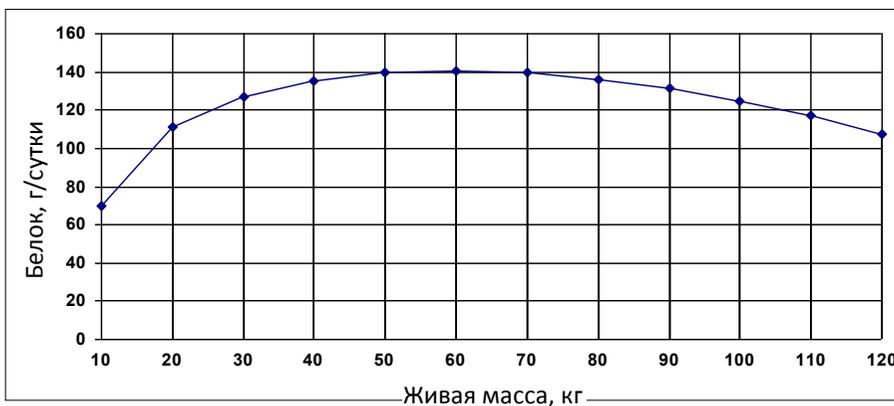


Рисунок 21.1 – Отложение белка в среднесуточном приросте

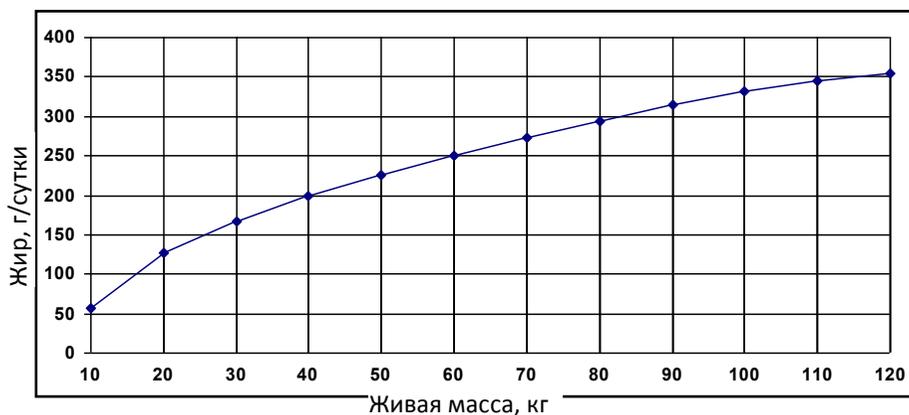


Рисунок 21.2 – Отложение жира в среднесуточном приросте свиней

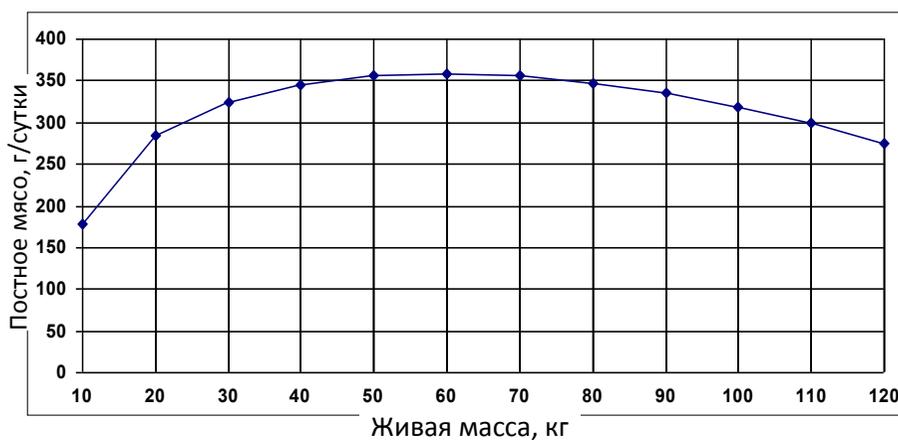


Рисунок 21.3 – Среднесуточный прирост постного мяса (ПМ)

## Потребность хрячков и свинок

Нормы энергии и аминокислот усреднены для обоих полов свинок и хрячков, хотя они различаются по продуктивности. Свинки 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 (335 кДж ОЭ) в сутки на каждый 1°C ниже критической; свиньям 60-100 кг – 39 г (515 кДж 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. 21.3).

Пользователи сами могут рассчитать отложение белка и жира в среднесуточных приростах на основе данных обвалки туш свиней в раз-

ные 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):

$$Б = ПМ / 2,55, \text{ где}$$

**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 21.1 и 21.3.

### **21.3. Потребность в белке и усвояемых (переваримых) 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 эффективное. 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 (рис. 16.2).

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 пищеварительного сока. Эндогенные аминокислоты чаще всего определяют при скормливаниях безбелкового рациона или рациона, в котором белок представлен 5-7% казеинового гидролизата. Без учета эндогенных ами-

нокислот 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 18 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 21.2 представлен уточненный состав идеального белка.

Таблица 21.2 – 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/ 1 г 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. 21.1) или по суточному отложению постного мяса (рис. 21.3).

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>нд</sub>=0,136×9,1=1,24 г.

По графику (рис. 21.1) определяют отложение белка в среднесуточном приросте свиней ж.м. 19 кг, оно составляет 111 г.

Потребность в ИИП лизине на отложение белка:

$$Л_б=0,1 \times 111=11,1 \text{ г}$$

Общая потребность в ИИП лизине: 1,24+11,1=12,34 г

Потребление комбикорма этими поросятами составляет 1,18 кг/гол/сутки (см. табл. 21.3). Следовательно, потребность в ИИП лизине/кг комбикорма:

$$12,34/1,18=10,45 \text{ г (1,05\%)}$$

Определив потребность в ИИП лизине, рассчитывают потребность в остальных незаменимых аминокислотах по их соотношению к лизину, взятому за 100 в идеальном белке (табл. 21.2).

Потребность в незаменимых ИИП аминокислотах рассчитывают в процентах натурального корма (87-90% СВ):

Метионин:  $1,05 \times 0,32 = 0,34$

Мет.+цист.:  $1,05 \times 0,59 = 0,62$

Триптофан:  $1,05 \times 0,18 = 0,19$

Треонин:  $1,05 \times 0,65 = 0,69$

Изолейцин:  $1,05 \times 0,57 = 0,60$

Лейцин:  $1,05 \times 1,0 = 1,05$

Аргинин:  $1,05 \times 0,40 = 0,42$

Гистидин:  $1,05 \times 0,31 = 0,33$

Валин:  $1,05 \times 0,68 = 0,71$

Фенилаланин:  $1,05 \times 0,55 = 0,58$

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 21.3.

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. 21.3). 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.

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. 21.3).

Таблица 21.3 – 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.

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.

#### 21.4. 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. 21.4).

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 1 кг 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 ( $7,8 : 12,6 = 0,62$ ) 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 21.4 – 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 повы-

сится 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. 21.1) 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. 21.2) 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. 21.3), 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».

### **21.5. 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 тоже 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 отъема рекомендуется матку убрать в другое помещение, а поросят оставить в том же самом станке, чтобы не вызвать стресс. Желательно не смешивать пометы.

Переходный 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 вызвать 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 от рождения, когда поросенок еще сосет матку. Для этого в кормушку с плоским дном и невысокими бортиками кладут щепотки очень питательной смеси, наподобие 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 к сухому корму, 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. Стартерный 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. 21.5)

Таблица 21.5 – 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
Свиная 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.

## 21.6. 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 21.6 – 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 21.7 – 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. 21.8, 21.9).

Поэтому маток после отъема поросят и случки необходимо оценить по упитанности, которая определяется по признакам, представленным в таблице 21.6, и кормить их по схеме, представленной в таблице 21.7: 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.

### **21.7. Двухфазное нормирование рационов супоросных свиноматок**

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. Свинкам 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.

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 (таблицы 21.8, 21.9). Комбикорма для двух фаз кормления супоросных маток даны в приложениях 26, 27.

Таблица 21.8. – 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 21.9 – 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

## 21.8. 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 –  $0,136 \text{ г/кг жм}^{0,75}$ , 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 [ $(7 \times 50)/100$ ].

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 ( $50 \text{ г/кг} \times 0,1$ ).

Для свиноматок при индивидуальном содержании на бетонном полу количество энергии на поддержание необходимо увеличивать на 4% на каждый  $1^\circ\text{C}$  ниже критической ( $18^\circ\text{C}$ ). При повышении температуры в свинарнике выше критической потребление корма снижается на 1,7% на каждый  $1^\circ\text{C}$  выше  $18^\circ\text{C}$ .

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 21.11.

Таблица 21.10 – 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 21.11 – 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

Рис.21.4. Помещение для опороса и выращивания поросят до отъема



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, нуж-

даются в легкодоступных углеводах и белках. Поэтому лактоза молочных кормов является незаменимым компонентом углеводов. Белок соевых жмыхов и шротов в этом возрасте недостаточно хорошо усваивается.

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 представлен в приложении 28.

### 21.9. 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 –  $469 \text{ кДж/кг жм}^{0,75}$ , на одну садку на манекен  $17,2 \text{ кДж/кг жм}^{0,75}$ , на продукцию семени  $414 \text{ кДж/эякулят}$ . Нормы энергии и аминокислот, для хряков приведены в таблице 21.12.

Таблица 21.12 – 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.

## 21.10. 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 остеомаляции 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 мясо-костную, 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, выра-

жающийся 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 («бабок») 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 B<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 меди. 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 тетраидтиронина. 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, пиррофосфатов 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 сернокислотное 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 одноразовой 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 диарею. 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 Е, играет роль антиоксидантного агента. Однако высокий уровень витамина Е не может полностью заменить селен. Селен входит в состав фермента тиоредоксинредуктазы (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 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 – металлтионина. Цинк всасывается хуже, если в рационе есть излишек 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 пороссятам, отнятым от маток в 19-21-дневном возрасте, 3 гZnO 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 пороссятах 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 эксперимента наилучшие показатели по росту и конверсии корма отмечены у поросят на рационе с ZnO, что было результатом лучшего поедания корма.

Таблица 21.13 – 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:							
А, МЕ	5000	4500	4000	3000	3000	2000	2000
Д3, МЕ	800	700	600	500	500	400	300
Е, МЕ	20	16	16	12	12	11	11
К, мг	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
В7, мг	0,1	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
В4, г	0,60	0,60	0,50	0,40	0,30	0,30	0,30
Вс, мг	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
В5 доступный, мг	25	20	15	12,5	10	7	7
В3, мг	15	12	10	9	8	7	7
В2, мг	4,5	4	3,5	3	2,5	2	2
В1, мг	1,7	1,5	1	1	1	1	1
В6, мг	2	2	1,5	1,5	1	1	1
В12, 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 21.14 – 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 21.8, 21.9, 21.10, 21.12. для супоросных, лактирующих маток и хряков-производителей соответственно.

### 21.11. Потребность свиней в витаминах

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 группы В, 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 запастись 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 токсичности 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 - остеомалация (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, серусодержащими 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 иммунной системы новорожденного молодняка. Только таким образом, можно поддерживать необходимый уровень витамина E у поросят после рождения, поскольку передача витамина через плаценту ограничена. Сразу после прекращения кормления материнским молоком содержание витамина E в крови поросенка резко падает. Дополнительные количества витамина E 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, получивших 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, 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-Са-пантотенат-СаCl<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 свиной, 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. 21.5).



Рисунок 21.5 – 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> (фолацин, фолиевая кислота, фолин).** Сами животные не способны синтезировать фолиевую кислоту.

Добавление в кукурузно-соевый рацион фолиевой кислоты в количестве 200 мкг/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 прояв-

ляется 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.

Часто в рационах свиней используют экструдированные полножирные соевые бобы вместо живых кормов и жиров. В такие рационы необходимо добавка 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, выводить 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>с</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.

Наблюдали 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.

### 21.12. Вода в рационах свиней

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 расходуется 575 ккал энергии, что равнозначно калорической ценности 200 г ячменя.

В термонеutralных 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 термонеutralной 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 же, поросятам 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. Потребление 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°С в сравнении с почти 4 л, когда вода была нагрета до 30°С. В противоположность этому, свиньи, которых содержали в жарком помещении, пили по 10,2 л, когда температура воды была 11°С, и только 6,6 л, при температуре воды 30°С.

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, патогенных простейших, 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 21.15.

Таблица 21.15 – 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

\*Поданным 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 Са 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 свиней. 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?

### **Литература**

1. Аминокислотное питание свиней: Рекомендации / В.Г. Рядчиков, Б.Д. Кальницкий, В.В. Щеглов, М.О. Омаров. – М.: МСХ РФ, 2000. – 62 с.
2. Вальдман А. Р. Витамины в животноводстве. / А. Р Вальдман – Рига: Зинатне, 1977. – 352 с.
3. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справ. пособие, 3-е изд., перераб. и дополн. / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова [и др.]. – М., 2003 – 456 с.
4. Новое в кормлении животных. Справочное пособие. / Авторский коллектив: В. И. Фисинин, В. В. Калашников, И. Ф. Драганов [и др.]. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 612 с.
5. 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. – 540 с.
6. Рядчиков В. Г. Концепция рационального использования белка при кормлении свиней. / В. Г. Рядчиков // Вестник РАСХН. – 2000. – № 1. – С. 59-62.
7. Рядчиков В. Г. Производство и рациональное использование белка (от Т. Осборна до наших дней). /В. Г. Рядчиков // Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – С. 17-69.
8. NRC. Nutrient Requirements of Swine. Teath Revised Edition. 1998.
9. Tess M.W., G.E. Dickerson, J.A. Nienaber, J.T. Yen, C.L. Ferrell. Energy costs of protein and fat deposition in pigs ad libitum. J. Animal Sci., 1984, 58:11 – 121.

## Глава 22. Нормы питания и рационы для сельскохозяйственной птицы

### 22.1. 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:

$$\text{Ккал/птицу/день} = \text{ЖМ}^{0,75} (173 - 1,95\text{T}) + 5,5\text{ССП} + 2,07\text{Я}, \text{ где}$$

ЖМ – живая масса в килограммах,

T – температура в птичнике, °C,

Я – суточная масса яйца, г/птицу/день

ССП – 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 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 в 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.

### 22.2. 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 вызывает 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 его 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 22.1 – 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
Фенилал. + 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 цыплят представляют наиболее полноценный белок, чтобы его отнести к идеальному. Доказательством является то, что из яйца формируется жи-

вой цыпляток со всеми генетически запрограммированными структурами организма и физиологическими функциями. Учитывая это, мы предлагаем состав идеального белка для растущих цыплят яичных кроссов (табл. 21.1).

Предлагается состав идеального белка для цыплят-бройлеров в зависимости от действия на прирост живой массы, конверсию корма, отложение в теле азота и аминокислот, снижение образования мочевой кислоты (К. Кун: университет Арканзас США) (табл. 22.2).

Таблица 22.2 – Идеальный белок по содержанию переваримых аминокислот для цыплят-бройлеров, обеспечивающий эффективный прирост живой массы, снижение затрат корма на кг прироста, повышение отложение азота и аминокислот, снижение потерь азота с мочевой кислотой

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.

## 22.3. Нормы питания и рационы для молодняка и взрослых кур яичных кроссов

### 22.3.1. 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 22.3 – 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 <sup>(1)</sup>	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 <sup>(2)</sup> (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 <sup>(3)</sup>	4,00 <sup>(4)</sup>
Фосфор:					
Общий, %	0,78	0,75	0,72	0,78	0,78
Доступный, %	0,50	0,48	0,46	0,50	0,50
Натрий, % <sup>(5)</sup>	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 в мегаджоули, разделите Ккал 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 2,25 мм.

<sup>(4)</sup>Как минимум 40% добавляемого известняка должны иметь минимальный размер частиц 2,25 мм.

<sup>(5)</sup>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°C, следует уменьшать температуру на 2°C в неделю, до достижения 21°C. Необходимо обращать внимание на признаки у цыплят перегревания (задыхающихся и сонливых) или переохлаждения (скучивание) 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 22.4. – 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 (табл. 22.4 и 22.5).

Таблица 22.5 – Рекомендуемый вес птицы Ну-Line W-98 в период выращивания

Возраст- твнеделях	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ЖМ, 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.

### 22.3.2. Питание и кормление взрослой птицы

Продуктивность современных яичных кроссов достигает 330 яиц/несушку/год.

Потребность в абсолютных показателях – граммов белка, Са и Р, миллиграммов аминокислот на птицу в день представлена в таблицах 22.6 , 22.7.

Таблица 22.6 - 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

(1) и (2) смотрите под табл. 22.7

Для кур-несушек Ну-LineW-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 (табл. 22.7, 22.8). Такое нормирование обеспечивает использование белка и корма с высокой эффективностью.

Таблица 22.7 - Содержание питательных веществ в рационе в зависимости от суточного потребления корма\*

Пик продуктивности 50 % – 32 неделя									
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 неделя									
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 неделя 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 реко-

\* Заимствовано из рекомендаций Хайсекс Браун промышленная несушка, ISA. A Hendrix Genetics Company.

Таблица 22.8 – 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, мкг	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 массы тела кур.

В таблице 22.9 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 22.9. – 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 вы-

соких 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  $\pm 15\%$  (табл. 22.10).

Таблица 22.10 – Потребление воды при среднесуточной температуре в птичнике

Недели яйценокости	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

## 22.4. 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 22.11 – Потребление корма, живая масса бройлеров современных кроссов

Петушки				Курочки		
Возраст, неделя	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 соответствие с этой схемой разработаны рекомендации по содержанию питательных веществ в рационах бройлеров (табл. 22.12).

Таблица 22.12 – Рекомендуемое содержание питательных веществ в рационах бройлеров, неразделенных 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		корм на основе кукурузы		корм на основе пшеницы	
		кукурузы		кукурузы		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 (В <sub>1</sub> )	мг	3	3	2	2	2	2
Рибофлавин (В <sub>2</sub> )	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 В <sub>12</sub>	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 содержание аминокислоты, УАК – усвояемые аминокислоты.

\*Заимствовано из справочника по содержанию бройлеров компании Ross, 2002.

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 22.13 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 22.13 – Соотношение 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 18 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 производство 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 неблагоприятных условиях специальные престартеры (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; пребиоти-

ки 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 стартера. Переход от стартера к росту должен включать в себя изменение текстуры корма: вместо крошки – гранулы. Для достижения максимально 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.

## 22.5. Компоненты и физическая структура рационов

### Минеральные вещества

**Кальций (Ca).** 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 Ca.

**Фосфор.** Важно, чтобы содержание усвояемого фосфора в комбикорме соответствовало потребности птиц. Использование ферментного препарата фитазы может существенно повысить усвоение Ca и P.

**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 птицами 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.

Электrolитический баланс имеет важное значение для бройлеров, в особенности, в условиях теплового стресса. Количество анионов в

витаминовых 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 наблюдается укрепление иммунной системы птиц и увеличение срока годности мяса бройлеров при его хранении. Уровни содержания витамина Е, приведенные в таблице 22.12, 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** (глюканаза, ксиланаза, пектиназа). Появляется все больше доказательств того, что кормовые ферменты (энзимы) могут повлиять на улучшение микрофлоры кишечника птиц и повышение 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 лекарственных 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.

**Адсорбенты.** Адсорбенты используются, в основном, для адсорбирования микотоксинов. Они также могут оказывать общий положительный эффект на здоровье птиц и усвоение ими питательных веществ. В качестве адсорбентов 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 комбикорма в целях замедления роста грибов.

**Связующие вещества для гранулирования кормов** применяются для повышения твердости гранул. Закрепители гранул (например, гemicеллюлоза, бентонит, 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. Холинхлорид, 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 8.2 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. Слоем 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 кокцидиозу. 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.

Содержание 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, 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 (°C) при относительной влажности 65-70%: 1 д – 30°C, 3 д – 29°C, 6 д – 28°C, 9 д – 27°C, 12 д – 26°C, 15 д – 25°C, 18 д – 24°C, 21 д – 23°C, 24 д – 22°C, 27 д и далее – 21°C.

Продолжительность светового дня и интенсивность освещения: 0 – 7 д – 23 ч свет – 1ч темнота, не менее 20 люкс; 7-12 д – 23 ч свет – 1 д темнота, 15 люкс; 21 д и до убоя – 23 ч свет – 1 ч темнота, 10 люкс.

## 22.6. 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 пульмонарной 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 22.14 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°C выше 21°C.

Таблица 22.14 - Потребление воды бройлерами при температуре 21°C (в литрах на 1000 птиц)

Потребление воды	Nippleные поилки без каплеулавливающих чашек			Nippleные поилки с каплеулавливающими чашками			Поилки колокольного типа		
	1,6л на кг корма			1,7л на кг корма			1,8л 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



Рис.21.1. Клеточная технология производства яиц



Рис.21.2. Напольная технология выращивания бройлеров

**Проверочные вопросы:**

1. Какие незаменимые аминокислоты необходимо в первую очередь контролировать в рационах сельскохозяйственных птиц и почему?
2. В какие периоды выращивания молодняка яичных кроссов даны нормы питательных веществ для составления рационов?
3. Для каких периодов выращивания бройлеров необходимо знать нормы питательных веществ и составлять рационы?
4. 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.

5. В каких кормах низкая доступность Са и Р для птиц, пути обеспечения рационов доступными Са и Р.
6. Как влияют на крупность яиц кормовые факторы. Какие негативные свойства яиц обусловлены высокой крупностью.
7. Возможности смягчения теплового стресса у птицы пищевыми и технологическими средствами.
8. Предельно допустимые добавки жира в рационы несушек и бройлеров. Качественные показатели жиров.
9. Нормы концентрации ОЭ, сырого белка, лизина, метионина+цистина в комбикормах для кур-несушек в пик яйцекладки.
10. Что такое идеальный белок, его значение в питании птицы.
11. Пробиотики и пребиотики. Что это такое и зачем их применяют в птицеводстве?
12. Микотоксины кормов, их действие на здоровье и продуктивность, методы борьбы с микотоксинами.
13. Какие компоненты входят в состав премиксов для сельскохозяйственной птицы.
14. Примерные среднесуточные приросты и затраты корма на кг прироста живой массы у бройлеров.
15. Яйценоскость кур современных кроссов и затраты корма на 10 яиц.

### Литература

1. 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.
2. Кун К. Идеальное аминокислотное соотношение в рационах бройлеров. / К. Кун // Комбикорма, №4, 2011. – С 65-70.
3. Новое в кормлении животных. Справочное пособие. / Авторский коллектив: В. И. Фисинин В. В. Калашников, И. Ф. Драганов [и др.]. - М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2012. – 612 с.
4. Нормирование кормления сельскохозяйственной птицы по доступным (усвояемым) незаменимым аминокислотам: методические рекомендации. – Сергиев Посад, 2006. – 79 с.
5. Фисинин В. И. Научные основы кормления сельскохозяйственной птицы / В. И. Фисинин [и др.]. – Сергиев Посад, 2009. – 349 с.
6. Coon C. Factorial models for amino acid requirements presented. May, 2001, Feedstuffs-13, p. 14-18, 35.
7. Nutrient Requirement of Poultry. Ninth Edition, NRC, USA, 1994, 155 p.

# Раздел VI Корма

## Классификация кормов

Принятая в нашей стране классификация кормов делит все кормовые средства на три класса: 1) корма растительного происхождения; 2) корма животного происхождения; 3) балансирующие кормовые добавки.

**1. Корма растительного происхождения.** Растительные корма, в свою очередь, подразделяются на два подкласса – объемистые и концентрированные.

**1.1. Объемистые корма** включают следующие группы кормов:

А. Грубые (содержание клетчатки более 19%): сено, солома, веточный корм, травяная мука, шелуха от обмолота и шлифовки зерна злаковых и бобовых, пшеничная солома, шелуха овса, ячменя, риса и другие.

Б. Сочные корма (содержание воды более 40%): силос, сенаж, зеленые корма, корнеклубнеплоды (кормовая и сахарная свекла, картофель), плоды, бахчевые (тыква и др.), ботва свеклы.

В. Водянистые (свежие) корма. В эту группу входят отходы от производства сахара, пива, спирта, крахмала: сырой свекловичный жом, картофельная мезга, сырые пивная дробина и барда, пищевые отходы кухонь, столовых, ресторанов.

**1.2. Концентрированные корма** включают две группы:

А. Углеводистые корма: зерно злаковых культур (ячмень, пшеница, кукуруза, сорго, овес и др.), зерноотходы от сортировки зерна, отходы крупяного и мукомольного производств (отруби, кормовая мука, мельничные отходы, сухой жом).

Б. Белковые корма: зернобобовые (горох, вика, чечевица, соя, конские бобы и др.), жмыхи и шроты от переработки семян масличных культур (подсолнечные, соевые, рапсовые, льняные, арахисовые, кунжутные, хлопковые и др.), солодовые ростки, дрожжи кормовые, сухая пивная и спиртовая зерновая дробина.

**2. Корма животного происхождения** включают следующие подклассы:

А. Молоко и продукты переработки: сухое цельное молоко, сухое обезжиренное молоко (обрат), сухая молочная сыворотка, заменители цельного молока (ЗЦМ), кормовой казеин.

Б. Отходы мясокомбинатов: мясная мука, мясокостная мука, кровяная мука, перьевая мука, сухая плазма крови, сухие клетки крови, кормовой животный жир.

В. Отходы рыбной промышленности: рыбная мука, крилевая мука, отходы морского промысла, крабовая мука.

**3. Балансирующие кормовые добавки.**

Этот класс включает большое число различных биологически активных веществ, производимых химической, микробиологической и

биотехнологической промышленностью. В этот класс входят: препараты витаминов (около 12 наименований), минералы – источники макроэлементов (Ca, P, K, Mg, Cl, S), микроэлементов (Fe, Co, Se, J, Mn, Zn, Cu и др.), аминокислоты (лизин, метионин, треонин, триптофан и др.), ферменты различного действия (протеолитические, амилолитические, липолитические, целлюлозолитические и др.), пробиотики, антибиотики, антиоксиданты, вкусовые и ароматизирующие вещества, азотсодержащие химические препараты.

Химический состав и питательность одного и того же вида корма может существенно различаться в зависимости от применяемых в хозяйствах технологий. Например, содержание клетчатки существенно возрастает, белка снижается в травах, сене, сенаже, силосе, если их убирают в поздние сроки вегетации – в период их старения. Большое влияние на качество оказывают скорость закладки силоса, сенажа и условия хранения. Питательность зерновых кормов – пшеницы, ячменя, кукурузы, в значительной степени зависит от сорта, уровня агротехники (внесение удобрений, своевременная обработка посевов от вредителей и болезней) и климатических условий. В засушливые годы зерно будет щуплым, с пониженным содержанием крахмала, повышенным уровнем белка и клетчатки. Необходимо внимательно следить за состоянием выращиваемых кормовых культур и соблюдением технологических регламентов их производства.

Корма следует проанализировать на химический состав по всем показателям, контролируемым при балансировании рационов. В связи с тем, что качество корма меняется в процессе хранения, анализы делают не реже 1 раза в месяц. В процессе использования сенажа и силоса рекомендуется еженедельно, или чаще, определять содержание влаги для корректировки рациона по сухому веществу. Это делается непосредственно на фермах, используя микроволновую печь.

Качество кормов оценивают в соответствии с отраслевыми (ОСТ) и государственными стандартами (ГОСТ). В приложениях 34-42 представлены ОСТы и ГОСТы на зеленые корма, силос, сенаж, зерно, жмыхи и шроты, корма животного происхождения. Корм высокого качества относят к 1-ому классу, среднего – ко 2-му, ниже среднего – к 3-ему. Корм, не отвечающий этим классам, использовать в рационах животных нельзя.

В приложениях № 1, 2, 3, 18, 19, 20 даны таблицы по содержанию питательных веществ. Эти таблицы полезны для сравнения собственных данных анализа с табличными. В некоторых случаях, когда отсутствуют отдельные показатели состава собственных кормов, можно воспользоваться табличными материалами.

Помимо основных показателей питательности важно оценить корма на наличие плесени, микотоксинов и других антипитательных веществ.

## Глава 23. Объемистые корма

Объемистые корма (трава, сено, силос, сенаж, солома и др.) называют так потому, что они имеют небольшую массу на единицу объема. Они являются жизненно важной частью рациона, так как представляют главные источники как клетчатки, необходимой для жвачных в поддержании здоровья рубца, так и других питательных веществ – белка, растворимых углеводов, минералов, каротина, а также для снижения затрат из-за меньшей их стоимости, чем зерновые. Эту группу кормов в рационе жвачных называют основной или базовой частью.

### 23.1. Трава на зеленый корм

Как корм для животных травы имеют много преимуществ. Представленные многими видами они обладают способностью расти в большинстве районов мира, где могут жить травоядные животные. Травы обеспечивают большинством питательных веществ в соответствии с потребностью для роста, производства продукции и репродукции в течение жизни животного.

Ботанический набор трав, используемых копытными в дикой среде, весьма разнообразен. В условиях культурного животноводства человек отобрал наиболее питательные и безвредные злаковые и бобовые для создания пастбищ и производства зеленой массы, сена, силоса и сенажа.

**Клеточное строение зеленых растений.** Листья растений состоят из клеток, которые поедают животные. Клетки покрыты эпидермисом, состоящим из двух клеточных оболочек: первичной и вторичной. Кроме того, поверхность клетки покрыта кутикулой. Эту систему называют **клеточной стенкой**, она обеспечивает механическую защиту клетки и регуляцию дыхания. Содержимое клетки включает цитоплазму и субклеточные органоиды. Как и во всех эукариотических клетках, в клетке растений имеются все органоиды: ядро, рибосомы, митохондрии, аппарат Гольджи, эндоплазматическая сеть, клеточные мембраны, мембраны субклеточных органоидов и, кроме того, в наиболее значительном количестве хлоропласты.

Хлоропласты и митохондрии представляют собой маленькие самостоятельные клетки, живущие в большой растительной клетке. Они имеют собственную ДНК, рибосомы, ферменты, необходимые хлоропластам для фотосинтеза и осуществления дыхательных процессов (рис. 23.1). В одной растительной клетке число хлоропластов достигает 50-200, митохондрий 500-2000, рибосом  $50 \times 10^5$ .

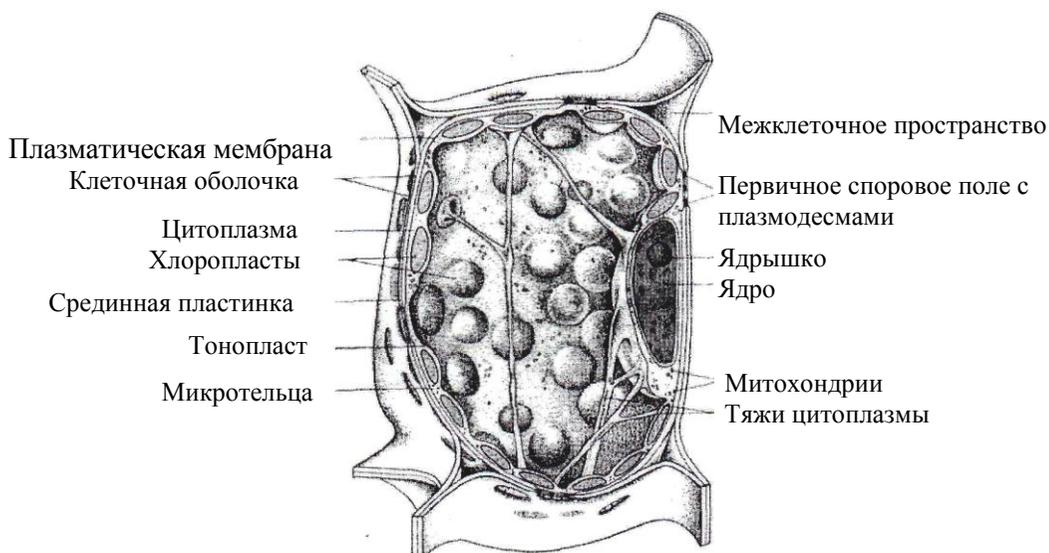


Рисунок 23.1 - Трехмерная схема растительной клетки, содержащей хлоропласты

### 23.2. Химический состав растений

**Углеводы.** Водорастворимые углеводы трав включают фруктаны и сахара: глюкозу, фруктозу, сахарозу, раффинозу и стахиозу. В умеренных зонах злаковые травы в своих тканях запасают в основном фруктаны, их больше всего в стеблях (табл. 23.1).

Таблица 23.1 – Состав сухого вещества травы итальянского райграса, %

Общий состав		Углеводы		Азотсодержащие вещества и лигнин	
Сырой белок, %	19,0	Глюкоза	1,6	Общий азот	3,0
Сырой жир, %	4,5	Фруктоза	1,3	Белковый азот	2,7
Сырая клетчатка, %	20,8	Сахароза	4,5	Небелковый азот	0,3
БЭВ, %	44,9	Олигосахара	1,9	Лигнин	5,2
Зола	10,8	Фруктаны	7,0		
		Галактан	0,9		
		Арабан	2,9		
		Ксилан	6,3		
		Целлюлоза	20,2		

Травы тропических и субтропических районов накапливают крахмал вместо фруктанов в вегетативных тканях, в основном, в листьях. Концентрация водорастворимых углеводов в травах очень изменчива: от 2,5% до 30% СВ в некоторых сортах райграса. Значительную часть составляют структурные углеводы, заключенные, главным образом, в клеточных стенках, которые состоят из целлюлозы, гемицеллюлозы и пектина. Следует отметить, что как злаковые, так и бобовые тра-

вы различаются по содержанию целлюлозы, гемицеллюлозы, пектина и лигнина.

### 23.3. Компоненты стенки растительной клетки

**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 строения клеточных стенок (рис. 23.2).

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. 23.3). 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.

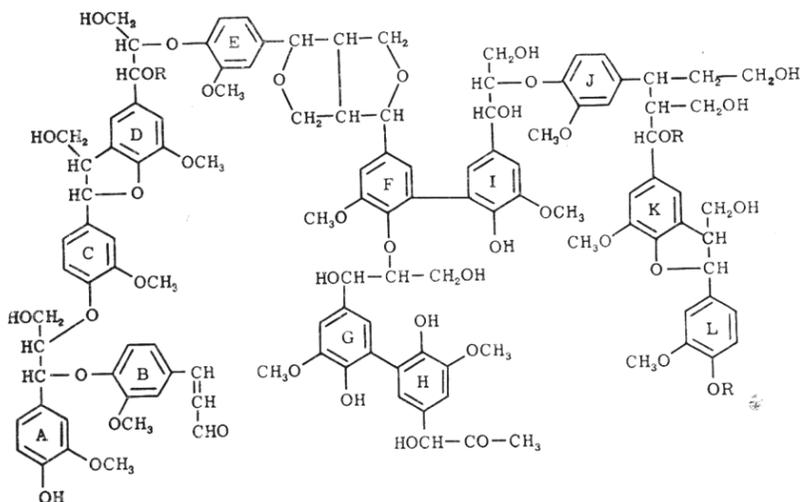


Рисунок 23.2 - Строение молекулы лигнина

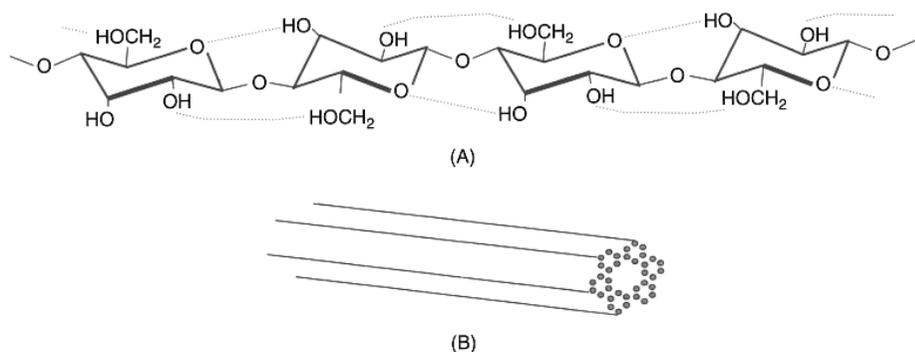


Рисунок 23.3 - Структура целлюлозы: (А) часть молекулы целлюлозы, состоящая из молекул глюкозы, соединенных друг с другом через гликозидные связи (—O—) и структура, скрепленная Н-связями; (В) структура микрофибрил целлюлозы (взято из *Animal Nutrition Science*, Gordon Mcl. Dryden, 2008)

Другой тип полисахаридов, присутствующих в стенках растительной клетки, относящихся к нецеллюлозным полисахаридам, схематически представлен на (рис. 23.4). Их классифицируют как гемицеллюлоза, пектиновые вещества и водорастворимые полисахариды, включая камедь (смолистые вещества) и растительный клей.

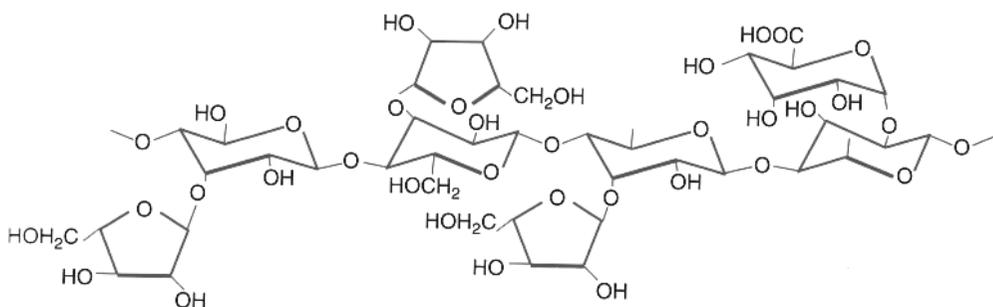


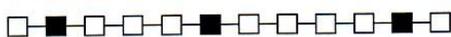
Рисунок 23.4 - Структура гемицеллюлозы

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

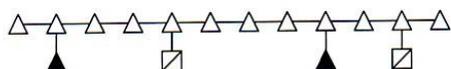
Таблица 23.2 - Наиболее значимые компоненты растительных клеточных стенок

Пектины	Гемицеллюлозы	Белки	Фенолы
Арабаны	Ксиланы	Гликопротеины:	Лигнины
Галактаны	Ксилоглоуканы	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	Галактоглокоманнаны	Гликопротеины, богатые пролином	
(Олигосахара)	Арабиногалактан II	Энзимы	

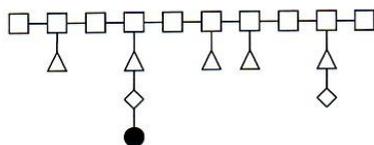
1,4;1,3 - β - Глюкан



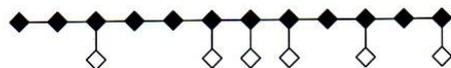
Арабиноглюкуроноксилян



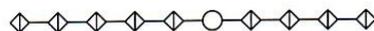
Ксилоглоукан



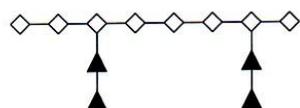
Галактоманнан



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-галактуроновая кислота

Рисунок 23.5 - Структурные особенности основных некрахмальных полисахаридов

Хорошо известно, что переваримость кормов находится в обратной зависимости с уровнем сырой клетчатки, богатой лигнином, кото-

рый 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 силос из низколигниновой кукурузы составлял 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 (Рядчиков В. Г. и др. 1978). По данным других исследователей надое коров на рационах с силосом из низколигнинового сорго были выше почти на 30% по сравнению с надоем коров на рационе с силосом из обычного сорго.

Сейчас выявлены формы низколигниновой 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 также выделены формы с пониженным содержанием лигнина и более высокой переваримостью.

## **23.4. Белок**

В зеленых растениях содержание сырого белка может колебаться от 3% у очень старых трав, а у молодых на хорошо удобренных почвах до 30%. Истинный белок составляет около 80% общего азота.

В клетках растений количество различных ферментов, представляющих собой белки, исчисляются тысячами. В жидкой части клетки – цитоплазме может содержаться до  $10^9$  молекул ферментов. Субклеточные органоиды также являются белоксодержащими компонентами клетки. Поэтому знание общего содержания сырого белка ( $N \times 6,25$ ) не дает представление о том, что кроется за этим показателем. Таким образом, в живой растительной клетке за счет белков-ферментов и белков клеточных органоидов содержится (в зависимости от вида растений) от 50 до 80% белка в расчете на сухое вещество.

### **23.4.1. Белки цитоплазмы и органоидов растительной клетки**

**Хлоропласты.** Основное количество белка растительной клетки приходится на хлоропласты – 75%. Они характеризуются наличием системы ламелл, погруженных в матрикс. Матрикс называют также стро-мой хлоропластов. Хлоропласты окружены хрупкой наружной мембра-

ной. Внутренняя мембрана построена в форме множества уплощенных пузырьков, называемых тилакоидами, которые уложены стопками и называются гранами (рис. 23.6).



Рисунок 23.6 - Поперечный срез клетки листа гороха (*Pisum sativum*) прошел через два хлоропласта. От цитоплазмы хлоропласт ограничен двумя мембранами - наружной и внутренней. Наружная мембрана - гладкая, внутренняя образует выросты - ламеллы. На ламеллах располагаются стопками тилакоиды. На снимке хорошо видны стопки тилакоидов – грана. В тилакоидах гран между слоями белков и липидов сосредоточены молекулы хлорофилла. Хлорофилл способен улавливать энергию солнечного света, с помощью которого происходит образование углеводов из воды и углекислого газа. Скопления углеводов видны на снимке как темные пятнышки. Трансмиссионный микроскоп, увеличение 70 000 раз.

В хлоропластах локализованы хлорофилл и каротиноиды, с помощью которых осуществляются светоулавливающие процессы. В состав хлоропласта входит фермент – рибулёзо-1,5-дифосфат карбоксилаза оксигеназа (РДФКО), осуществляющий фиксацию углерода из  $\text{CO}_2$  воздуха при образовании органических веществ (глюкозы и др.) в процессе фотосинтеза.

На этот фермент приходится 50% белка хлоропласта. При выделении из растений эту фракцию называют ламеллярной или хлоропластной. В зеленой массе люцерны на РДФКО приходится 30% общего количества белка. В нем содержится 5,5-6% лизина, 2-3,5% метионина+цистина, 2,5% триптофана (табл. 23.3).

С помощью электрофореза выделены 8 белковых компонентов из зеленой массы свежей люцерны, ежи сборной, райграса, овсяницы и других культур. Среди них белки с молекулярной массой 15 и 54 тыс. дальтон представлены ферментами группы рибулёзо-1,5-дифосфат кар-

боксилаза оксигеназа (РИФКО). Их количество от суммы белков составляет в люцерне 51%, в вязеле 45%, в райграсе 42%, еже сборной 49%, овсянице тростниковой 49%. В результате силосования этих трав теряется 70-90% РИФКО. Провяливание и приготовление сена приводит к меньшим потерям от 5 до 25%. При ферментации в рубцовой жидкости *in vitro* выявилась высокая деградируемость этого белка.

**Ядро** – неотъемлемая часть каждой клетки. 50% сухой массы ядра составляют белки – гистоны, которые связаны с РНК и относятся к нуклеопротеидам. Они вносят 1-2 % белка от общего его количества в листьях. Гистоны богаты лизином, аргинином, глицином. Цистеин в них отсутствует.

**Митохондрии** вносят менее 5% белка листьев в виде энзимов цикла трикарбоновых кислот. Имеются сведения, что цитоплазматические белки отличаются более высокой биологической ценностью, нежели хлоропластные.

**Мембраны.** Все субклеточные органоиды заключены внутри мембран. К мембранной системе относится не только плазматическая мембрана, окружающая содержимое клетки, но также мембраны, окружающие ядро, хлоропласт, вакуоли, эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, крахмальные зерна, белковые тела.

Доля белка за счет мембран достигает 20-25% от общего количества белка растений. Данных об аминокислотном составе мембран недостаточно. Мембранный белок хлоропластов люцерны содержит более 5% лизина, но беден серусодержащими аминокислотами и триптофаном.

Водорастворимая часть клетки, после отделения хлоропластов, содержит 25-30% белков вегетативной части растения. Сюда попадают белки цитоплазмы и частично хлоропластов. Они представлены, в основном, ферментами, среди которых цитохромы, тубулин, актин, АТФ-синтетазы, углеводородные ангидразы, факторы элонгации белков и др. Цитоплазматический белок имеет хороший аминокислотный состав (табл. 23.3). В эту фракцию попадают также свободные аминокислоты и нуклеиновые кислоты. Последних немного в растениях, но много в одноклеточных водорослях и бактериях (табл. 23.4).

Нуклеиновые кислоты содержат до 14% азота. Считается безопасным 2 г РНК в диете человека. Азот нуклеиновых кислот в рубце жвачных на 70-80% используется микроорганизмами для построения белков своего тела. Моногастричными животными нуклеиновые кислоты используются на 20-30%.

Таблица 23.3 – Аминокислотный состав белков растительной клетки, г/16 г N, или г/100 г СБ

Белки	Белок, %	Лизин	Гистидин	Аргинин	Аспарагиновая кислота	Треонин	Серин	Глютаминная кислота	Пролин	Глицин	Аланин	Цистин	Валин	Метионин	Изолейцин	Лейцин	Тирозин	Феналан	Триптофан
Хлоропласт (люцерна)*		7,2	1,6	7,5	11,2	5,2	4,7	10,8	6,8	5,3	6,3	след	5,9	1,4	4,5	9,7	4,4	7,7	0,9
Рибулёзо-1,5- дифосфат карбоксилаза овса*		5,9	3,3	8,2	9,1	5,3	3,2	12,0	6,0	5,5	6,3	1,8	5,9	2,1	5,0	7,9	4,9	5,9	2,1
Белок мембран хлоропластов люцерны *		5,2	3,5	8,5	10,8	6,7	3,2	12,3	4,6	6,3	6,8		6,1	1,8	3,1	10,0	5,7	5,6	
Белок мембран хлоропластов шпината*		6,4	3,9	9,3	10,8	7,7	3,2	12,0	4,8	5,9	7,1			2,8	4,3	10,2	6,2	6,1	
ПЗК-из сока люцерны	43,2	7,1	10,0	1,7	9,2	4,0	3,6	9,0	4,4	4,5	5,3		5,3	2,8	5,2	7,7	3,0	4,2	2,5
Белок митохондрий люпина*		5,7		10,2	18,1	5,0	3,4	19,2		3,4	6,7		5,2					6,8	
Гистон хроматина ядра клеток зародыша гороха*		14,4	3,4	7,6	10,3	5,0	5,1	8,3	7,7	8,3	8,1		5,7	0,1	3,9	6,9	2,9	3,5	
Гистон хроматина ядра клеток зародыша риса*		16,4	4,0	11,5	5,5	4,0	4,8	10,3	6,6	5,6	10,9		4,6	1,0	4,0	4,8	1,9	1,0	0,0
Белок рибосом клеток зародыша гороха*		10,4	1,7	8,7	9,8	5,2	4,8	10,7	4,5	4,8	4,2		6,8	2,2	6,3	9,3	4,2	6,7	
НДНСБ	3,19	5,0	1,7	5,0	15,3	5,4	4,6	12,4	5,8	5,8	7,4		7,0	1,2	5,0	10,3	2,1	6,6	
КДНСБ	0,63	5,6	2,8	2,8	16,7	5,6	5,6	11,1	8,3	5,6	8,3		5,6	2,8	5,6	11,1	2,8	8,3	
Цитоплазматический белок люцерны		7,6	3,4	8,6	9,5	5,5	3,5	10,6	6,8	5,0	5,8	1,0	5,8	1,6	4,1	8,4	5,2	7,9	

НДНСБ и КДНСБ – нейтрально- и кислотодетергентный нерастворимый сырой белок в препаратах НДК и КДК из сена тимopheевки луговой, соответственно; ПЗК – протеиновый зеленый концентрат; \* в % от суммы аминокислот.

Ссылки на авторов, представленных в таблице данных, можно взять из справочного пособия Рядчикова В. Г, Головки Е. Н., Бескаравайной «Мировые ресурсы растительного и животного белка. Аминокислотный состав», (2003), стр. 518-536.

Таблица 23.4 – Содержание нуклеиновых кислот и сырого белка в некоторых одноклеточных организмах (в % на абсолютно сухое вещество)

Объект исследования	Сырой белок (N × 6,25)	Нуклеиновые кислоты
Хлорелла	57,7	5,0
Спирулина	56,2	4,5
E.coli	75,0 - 62,5	15,0 - 18,0
Дрожжи Candida	52,0	8,4
Микробный ценоз, минерализующий солому	56,0	7,3

### 23.5. Аминокислотный состав трав

Аминокислотный состав трав разных видов различается незначительно. Это связано с тем, что половина клеточного белка находится в форме единственного фермента – рибулёзо-1,5-дифосфат карбоксилазы. Травяные белки богаты аргинином, содержат заметное количество глутаминовой кислоты. Содержание лизина в бобовых травах выше, чем в злаковых (табл.23.5 и 23.6).

Таблица 23.5 – Аминокислотный состав злаковых трав, г/100 г сырого белка

Аминокислоты	Кукуруза (Zeamays) молочно-восковая спелость			Канареечник тростниковый (Phalaris arundinacea)	Тимофеевка луговая (Phleum pratense)	Райграс многолетний (Arrhenatherum perenne)	Мятлик луговой (Poa pratensis)	Овсяница луговая (Festuca pratensis)	Костер безостый (Bromus inermis)	Рожь (Secale cereale)	Тритикале (Triticale)
	Целое растение	Стебли	Листья								
Сырой белок, %	8,5	7,0	12,5	15,3	18,6	10,6	18,1	16,0	14,5	12,2	13,7
Лизин	3,9	3,8	5,3	4,2	4,8	3,7	3,8	5,8	5,9	3,7	4,7
Гистидин	3,3	3,5	2,2	2,3	2,7	2,5	1,8	2,5	2,7	2,3	2,3
Аргинин	5,3	5,3	5,4	5,6	4,1	2,5	2,6	5,3	5,4	2,3	4,3
Аспарагиновая к-та	9,1	9,7	9,7	5,7	11,0	10,6	10,5	9,1	10,7	18,8	13,1
Греонин	4,5	4,6	4,4	3,6	3,4	5,2	2,6	4,5	4,7	3,2	3,5
Серин	4,9	5,0	4,7	3,1	3,3	4,4	2,7	4,3	4,5	3,6	3,4
Глутаминовая к-та	11,5	11,3	11,0	5,8	8,3	12,4	7,3	13,0	12,2	14,8	16,8
Пролин	4,9	4,9	4,9	3,4	6,5	4,8	3,0	4,8	4,3	11,6	7,5
Глицин	5,8	5,9	5,7	4,7	3,3	6,9	4,1	5,5	5,4	4,1	4,6
Аланин	8,1	8,1	8,5	7,0	4,9	9,3	4,7	7,7	7,8	5,5	6,3
Цистин	0,7	0,6	0,7	0,8	0,2	2,6	0,6	1,3	1,8	1,3	1,5
Валин	5,1	4,9	5,5	5,1	4,6	6,0	2,2	4,8	4,7	5,1	4,9
Метионин	1,9	1,8	2,1	1,5	1,1	1,1	1,6	1,7	2,0	1,7	1,4
Изолейцин	4,5	4,6	4,4	2,6	3,3	4,8	1,9	3,4	3,5	3,3	3,6
Лейцин	8,0	8,4	8,2	5,0	5,4	9,0	4,8	8,4	8,3	4,9	5,9
Тирозин	4,3	4,1	4,6	1,5	2,3	3,1	1,9	3,4	3,4	1,8	2,3
Фенилаланин	5,8	5,3	8,4	5,2	4,2	5,8	4,2	4,9	4,9	3,5	4,2
Триптофан	1,2	1,5	1,6	1,1	1,4	1,7	1,5	1,4	1,5	2,3	1,8

Таблица 23.6 – Аминокислотный состав бобовых трав, г / 100 г сырого белка

Аминокислоты	Люпин ( <i>Lupinus</i> )	Люцерна ( <i>Medicago sativa</i> )	Клевер луговой, красный ( <i>Trifolium pratense</i> )	Клевер белый ( <i>T. repens</i> )	Клевер гибридный шведский, розовый ( <i>Trifolium hybridum</i> )	Вика посевная ( <i>Vicia sativa</i> )	Бобы конские ( <i>Vicia faba</i> )	Горох полевой ( <i>Pisum arvense</i> )
Сырой белок, %	23,5	21,8	17,6	12,9	24,9	24,0	24,9	23,1
Лизин	4,0	5,9	5,8	9,3	6,2	5,3	5,2	4,0
Гистидин	1,6	2,2	2,1	4,2	2,3	1,3	2,9	3,7
Аргинин	2,8	5,7	11,8	9,7	5,1	7,3	5,6	3,1
Аспарагиновая к-та	2,7	10,6	14,2	30,6	12,1	9,9	7,0	15,1
Треонин	3,7	4,6	4,3	7,1	4,7	5,8	4,6	1,9
Серин	4,3	4,6	5,4	8,1	4,0	5,2	4,2	4,2
Глютаминовая к-та	7,3	9,9	7,9	9,0	6,0	11,0	7,9	12,6
Пролин	2,4	4,7	6,8	7,0	3,9	4,0	5,0	3,1
Глицин	3,6	5,4	5,2	8,8	4,3	4,9	3,9	3,3
Аланин	5,3	5,8	6,3	8,9	4,6	6,0	5,0	8,0
Цистин	0,7	1,2	0,6	1,0	1,8	1,7	1,4	0,2
Валин	3,2	5,7	4,7	4,5	2,3	4,8	4,1	2,5
Метионин	0,7	1,5	0,3	0,9	1,2	1,3	1,3	0,6
Изолейцин	3,9	4,6	3,8	3,8	4,6	4,7	4,1	0,6
Лейцин	5,7	7,9	8,2	9,3	7,1	9,5	8,0	2,3
Тирозин	2,1	3,7	2,2	3,7	3,4	3,2	3,0	6,1
Фенилаланин	4,8	4,9	4,8	5,3	4,6	6,7	4,0	3,0
Триптофан	1,4	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,3	1,4

Аминокислотный состав трав важен, когда они используются как источники белка для нежвачных. Для жвачных наиболее важной характеристикой белка трав является их рубцовая распадаемость и их общая переваримость. В нестарых объемистых кормах оба показателя очень высокие (0,7-0,8). Однако, они снижаются по мере старения трав (общий белок снижается). В старых травах значительная часть белка может быть непереваримой из-за связанности с клетчаткой.

**Метионин в листовых белках.** Установлено, что метионин является первой лимитирующей аминокислотой в белках листьев растений, при этом белки из листьев злаковых содержат больше метионина, чем белки бобовых. Например, в белке из листьев овса его содержится 2,16-2,49%, а в белом клевере 1,65-1,66%.

Таблица 23.7 – Влияние добавок метионина в рационы с белковыми-концентратами из листьев клевера и райграса на рост и биологическую ценность белка (Horigome and Uchida, 1980. Jpn.J. Zootech. Sci.51:429)

Суммарный белок из листьев	Прирост живой массы за 15 дней, г	Потребление корма за 15 дней, г	Эффективность белка (PER)
Клевер белый ( <i>Trifolium repens</i> )	28,0 ± 4,1	129,9	2,59 ± 0,27
Клевер белый ( <i>Trifolium repens</i> ) + метионин	42,3 ± 4,1	140,9	3,47 ± 0,10
Райграс итальянский ( <i>Lolium multiflorum</i> )	41,0 ± 2,1	138,5	3,50 ± 0,08
Райграс итальянский ( <i>Lolium multiflorum</i> ) + метионин	43,0 ± 3,0	141,0	3,58 ± 0,26

Фракция небелкового азота трав изменяется в зависимости от физиологического состояния растений. Как правило, чем благоприятнее условия роста, тем выше содержание небелкового азота, а также общего азота. По мере старения растений содержание небелкового и белкового азота падает. Главными компонентами фракции небелкового азота являются аминокислоты и амиды, такие как глютамин и аспарагин, которые участвуют в синтезе белка. Нитраты могут также присутствовать, они могут быть токсичными для пасущихся животных.

Содержание свободных аминокислот, нитратов и нитритов зависит от вида растения, условий выращивания, фазы уборки. Слишком большое количество небелкового азота при кормлении жвачных бывает нежелательно, так как они чрезмерно увеличивают количество аммиака в рубце (табл. 23.8).

Таблица 23.8 – Содержание небелкового α-аминокислотного N в зеленых растениях в % от общего N

Рапс ( <i>Brassica napus</i> )	32,5	Люцерна посевная ( <i>Medicago sativa</i> )	9,3
Бобы конские ( <i>Vicia faba</i> )	28,5	Рами ( <i>Urtica dioica</i> (Sw)	8,1
Вика посевная ( <i>Vicia sativa</i> )	16,8	Подсолнечник масличный ( <i>Helianthus annuus</i> )	7,5
Лебеда садовая ( <i>Atriplex hortensis</i> )	16,7	Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> )	7,1
Рапс многолетний ( <i>Lolium perenne</i> )	15,7	Дрема красная ( <i>Melandrium rubrum</i> )	7,0
Костер безостый ( <i>Bromus arvensis</i> )	13,8	Райграс французский ( <i>Arrhenatherum elatus</i> )	6,0
Репейник ( <i>Arctium tomentosum</i> )	11,8	Щирица (амарант) хвостатая ( <i>Amaranthus caudatus</i> )	5,7
Квиноа ( <i>Chenopodium urbicum</i> )	11,8	Подорожник большой ( <i>Plantago major</i> )	4,5
Марь обыкновенная ( <i>Chenopodium quinoa</i> )	10,5	Клевер красный ( <i>Trifolium pratense</i> )	4,1
Пастернак посевной ( <i>Pastinaca sativa</i> )	9,6	Ежа сборная ( <i>Dactylis glomerata</i> )	3,7
Десмодиум крученый ( <i>Desmodium inortum</i> )	9,6	Бодяк огородный ( <i>Cirsium oleracium</i> )	4,5

## Жиры

Содержание липидов в травах определяется в виде эфира экстрагируемой фракции, она сравнительно невысока и редко превышает 6% СВ. Компоненты этой группы включают триглицериды, гликолипиды, воска, фосфолипиды и стеролы. Триглицериды имеются в небольшом количестве, главными компонентами являются галактолипиды, которые составляют 60% общего количества липидов. Линоленовая кислота является главной жирной кислотой, составляет от 60 до 70% общего содержания жирных кислот, линолевая и пальмитиновая – следующие по содержанию жирные кислоты.

### 23.6. Минеральные вещества

Содержание минеральных веществ в травах изменяется очень сильно в зависимости от вида, погоды и удобренности почвы. В травах обычно достаточно кальция, магния и калия, однако, на грани дефицита содержится фосфор. Содержание микроэлементов варьирует также значительно. Исследования показали, что недостаток микроэлементов для жвачных в травах достигает 80% и более. Колебания по содержанию минералов представлены в таблице 23.9.

Таблица 23.9 – Диапазон содержания минеральных веществ в злаковых травах и люцерне (V.G. Pond et al., 2005)

Минеральные элементы	Травы			Люцерна		
	низкий	типичный	высокий	низкий	типичный	высокий
Макроэлементы, % СВ						
Ca	<0,3	0,4-0,8	>1,	<0,6	1,2-2,3	>2,5
Mg	<0,1	0,12-0,26	>0,3	<0,1	0,3-0,4	>0,6
K	<1,0	1,2-2,8	>3,0	<0,4	1,5-2,2	>3,0
P	<0,2	0,2-0,3	>0,4	<0,15	0,2-0,3	>0,7
S	<0,1	0,15-0,25	>0,3	<0,2	0,3-0,4	>0,7
Микроэлементы, мг/кг СВ						
Fe	<45	50-100	>200	<30	50-200	>300
Co	<0,08	0,08-0,25	>0,30	<0,08	0,08-0,25	>0,3
Cu	<3	4-8	>10	<4	6-12	>15
Mn	<30	40-200	>250	<20	25-45	>100
Mo	<0,4	0,5-3,0	>5	<0,2	0,5-3,0	>5
Se	<0,04	0,08-0,1	>5	<0,04	0,08-0,1	>5
Zn	<15	20-80	>100	<10	12-32	>50

Биодоступность минеральных элементов трав очень изменчива и нет полной ясности по этому показателю для многих растений. Такие факторы, как стадия старения и концентрация в почве отдельных элементов и их доступность растениям, могут иметь значительное влияние на биодоступность животным. Точной информации о доступности минеральных веществ из кормов недостаточно.

### 23.7. Ткани листьев и их переваримость

Ткани листьев делят на четыре фракции (части) (рис. 23.7):

Эпидермис – одноклеточный толстый слой клеток, который покрывает верхнюю и нижнюю поверхности листьев и другие структуры. Внешние стенки эпидермальных клеток покрыты кутикулой, восковым слоем, что удерживает внутриклеточную воду.

Мезофил – ткань, состоящая из больших тонкостенных клеток, которые заполняют большую часть пространства между верхними и нижними эпидермисами и сосудистыми пучками.

Склеренхима – жилки сильно лигнифицированных клеток, тянущиеся вдоль длинной оси листа (у трав) и поддерживающие сосудистые пучки.

Сосудистые пучки – ткани, расположенные вдоль длинной оси листовой пластины (у трав) или в сети (у двудольных растений), которые содержат ксилемные сосуды (сильно лигнифицированные) и флоэмные клетки. Сосудистые пучки окружены одно- или двуслойной оболочкой.

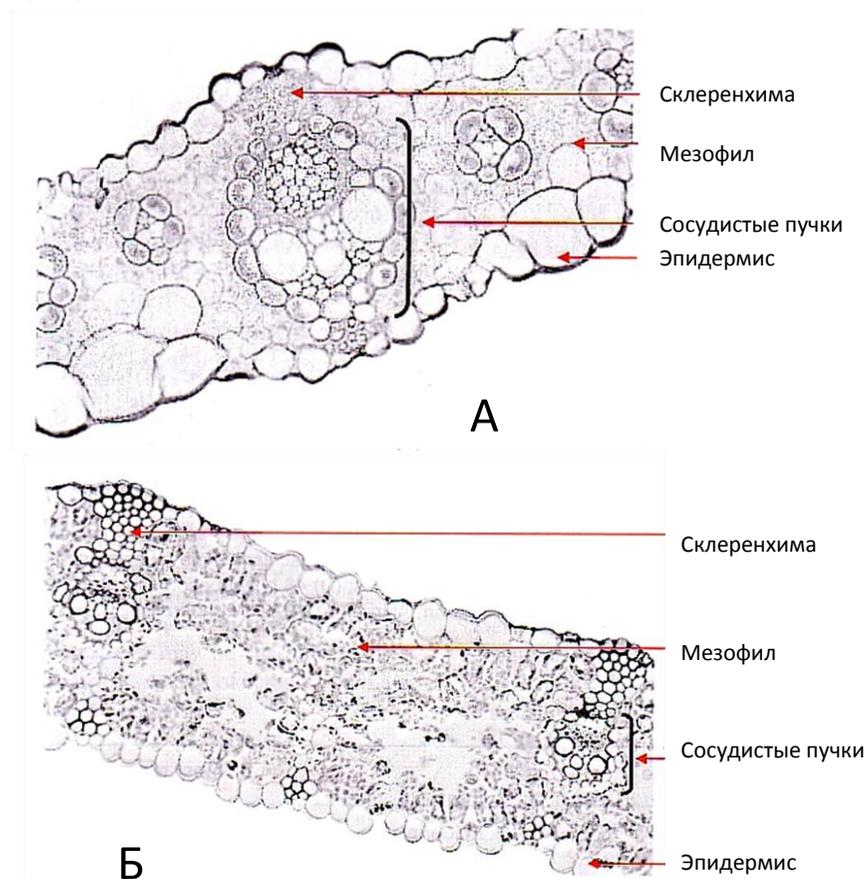


Рисунок 23.7 - Поперечный срез листьев кукурузы (А) и костра безостого (В) (G. McL. Dryden, 2008)

В опыте по перевариванию в рубцовой жидкости *in vitro* установлено, что мезофилл быстро и полностью переваривается. Исследования на электронном микроскопе показали, что жесткие и поддерживающие клеточные стенки сосудистые пучки (т.е. внутренние пучковые оболочки и ксилемные сосуды), которые положительно окрашиваются на лигнин, в целом не деградируют под влиянием рубцовых микроорганизмов (рис. 23.8). Склеренхима (другая лигнифицированная ткань) только слегка деградирована, а паренхимные пучковые оболочки и абаксиальный (направленный от оси) эпидермис также устойчив. Это доказывает, что чувствительность растительных тканей к микробной деградации связана с содержанием кислотно-детергентной клетчатки (КДК; лигноцеллюлозы) (табл. 23.10). Есть строгая отрицательная зависимость между переваримостью и количеством тканей, которые положительно окрашиваются на лигнин. Следовательно, на переваримость влияет их тканевый состав и присущая устойчивость каждой ткани к перевариванию.

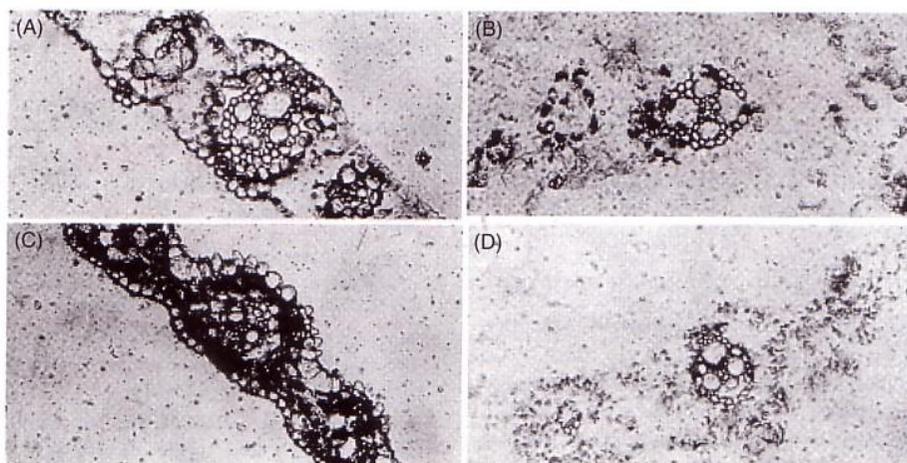


Рисунок 23.8 – Переваривание листьев проса (*Panicum*): (A) *Panicum virgatum* (с43spp) – 6 ч инкубации в рубцовой жидкости с потерей эпидермиса и мезофилла. (B) после 48 часов инкубации в переваренном остатке сосудистые пучки (оболочка и ксилема); (C) *Panicum decipiens* (с3/4 spp) – 6-часовая инкубация – никакие ткани не деградированы, (D) после 48 часовой инкубации осталось немного мезофилла, кутикулы (неклеточной) и полностью сосудистые пучки (заимствовано у G. McL. Dryden, 2008).

Таблица 23.10 – Устойчивость тканей листа к микробному перевариванию

Неустойчивые (быстро переваримые)	Среднеустойчивые	Устойчивые непереваримые
Мезофил Флоэма	Эпидермис Пучковые оболочки	Склеренхима Лигнифицированные сосудистые ткани (ксилема)

**Стебли трав.** Междуузловой ствол имеет четыре типа тканей: эпидермис, васкулярную (сосудистую) ткань, паренхимную ткань, которая обычно дифференцируется на кортекс (кору), сердцевину и склеренхиму. Паренхима обеспечивает матрикс для сосудистых пучков и других структур, где сосудистые пучки располагаются в двух концентрических слоях. Паренхима дифференцируется в сердцевидную (мозговой слой), межпучковую паренхиму (или сердцевидные лучи) между сосудистыми пучками и корой. Сердцевидные клетки обычно тонкостенные и лигнифицированы. Их поверхности покрыты кутикулой (внутренняя кутикула). Клетки кортекса могут содержать хлоропласты и силициум. Эпидермальные клетки также часто содержат силициум и защищены кутикулой.

#### **Проверочные вопросы:**

1. Назовите основные группы кормов в соответствии с их классификацией.
2. Какие органоиды растительной клетки являются источниками белка и углеводов?
3. Доля хлоропластного белка в общем содержании в травах, назовите основной белок хлоропластов.
4. Химическая структура лигнина, его роль в защите растений и действии на качество корма.
5. Из каких веществ состоят клеточные стенки трав?
6. Химическая структура целлюлозы и гемицеллюлозы.
7. Содержание кальция и фосфора в злаковых и бобовых травах.
8. Содержание небелкового аминокислотного азота в разных видах трав.
9. Назовите основные ткани листьев растений и их переваримость в рубце жвачных.
10. Охарактеризуйте полноценность белков органоидов растительной клетки по аминокислотному составу.
11. Какие отличия по содержанию незаменимых аминокислот имеются между злаковыми и бобовыми травами?

#### **Литература:**

1. Биохимия растений. Перевод с английского. Под редакцией и с предисловием чл.-корр. АН СССР В. Л. Кретовича. М.: «Мир», 1968. – 624 с.
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. Dryden G.McL. Animal Nutrition Science. 2008. Cambridge University Press. 302p.
4. Хелдт Г.-В. (Hans-Walter Heldt). Биохимия растений. Перевод с английского, под ред. профессора А.М.Носова, профессора В.В.Чуб. Москва БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 471 с.

## Глава 24. Производство и использование кормов из трав

### 24.1. Зеленая резка

Зеленая резка – это масса кормовых растений, которую после скашивания измельчают в поле, затем скармливают сельскохозяйственным животным в стойлах. Таким путем используют злаковые и бобовые травы, суданскую траву, кукурузу и сорго, рапс, озимую рожь, а также остатки овощных культур. Это самый простой метод получения корма (рис. 24.1). Преимущество зеленого корма состоит в высоком сборе питательных веществ с единицы земельной площади, меньших затратах труда и средств по сравнению с заготовкой сена, сенажа или силоса.



Рисунок 24.1 - Заготовка зеленой резки для кормления животных

В хозяйствах, где практикуется в течение всего летнего периода кормление зеленой массой при стойлово-выгульном содержании животных, организуется зеленый конвейер, который обеспечивает стабильное производство зеленых кормов, начиная с ранней весны до поздней осени. Зеленый конвейер представляет собой чередование кормовых культур в зависимости от сроков их наилучшего отрастания. Поэтому в разных климатических районах страны он имеет свои особенности.

Самыми ранними культурами являются озимые рапс и рожь, к средним относятся люцерна, вико-пшеничные и горохо-овсяные смеси, к более поздним – суданская трава, кукуруза, подсолнечник, а также повторные укосы суданской травы, люцерны, пожнивные посевы (на юге страны) кукурузы и подсолнечника. Однако в засушливые годы получение достаточного количества сочного зеленого корма бывает проблематичным.

Трудности при использовании кормов зеленого конвейера состоят в необходимости постоянной корректировки рационов по сухому веществу, содержанию белка, клетчатке и минералов в зависимости от вида корма и сроков их скашивания. Например, когда в рационе используется люцерна, нужно уменьшить белковые добавки, когда рожь или кукуруза – их надо увеличить. При этом необходим постоянный анализ каждого нового корма на содержание влаги и питательных веществ с учетом срока скашивания. Для элитных высокопродуктивных коров применение зеленого конвейера чревато срывами пищеварения и нестабильностью надоев.

В ненастную погоду становится невозможным заехать в поле уборочной технике для скашивания травостоя, что приводит к срыву кормления «зеленкой». Поэтому практика показывает, что наиболее рациональный способ кормления в летний период – это, так называемое, однотипное кормление, когда зеленая масса в рационе составляет не более 15-20% по сухому веществу и скармливается вместе с силосом, сеном, сенажом и концентратами в составе полнокомпонентной кормосмеси, или летнее кормление строится на 100% по типу зимнего, т.е. без зеленого корма.

## **24.2. Пастбище**

Культурные пастбища – это созданные путем посева какой-либо одной злаковой культуры, например, райграса многолетнего, или бобовой культуры, например, люцерны, или смеси злаковых и бобовых трав. Жизнь такого пастбища ограничена (1-4 года). Сеяное постоянное пастбище нормально включает несколько видов злаковых и бобовых трав. Естественное пастбище имеет больше видов, которые включают травянистые растения и кустарники, некоторые из которых представлены сорняками. Естественные пастбища сильно различаются по ботаническому составу, продуктивности, устойчивости в зависимости от климатической зоны (умеренный или жаркий климат, степная, предгорная или субальпийская зона и т.д.).

Пастбищные травы являются кормом высокой питательной ценности для жвачных. Например, пастбище с молодым многолетним облиственным райграсом может содержать 12 МДж ОЭ и 200 г СВ в 1 кг СВ и поедаться в количестве, достаточном для производства 25 кг молока в день. К сожалению, питательная ценность трав со временем падает ниже оптимума; почва и климат могут быть неблагоприятными для роста наиболее питательных трав и пастбищная система может не обеспечивать постоянство содержания питательных веществ. Например, содержание воды у молодых растений достигает 78-85%, у старых падает до 60-65%.

Пастбище следует рассматривать не только как место потребление корма. Пастьба имеет больше значение для укрепления здоровья

животных. Доказано, что пасущиеся коровы имеют меньше заболеваний копытного рога (ламиниты) и болезней воспроизводительных органов. Поэтому нужно находить такие технологии, которые позволяют уменьшить состояние гиподинамии, создают условия соприкосновений с природной средой – почвой, воздухом, солнцем.

Кормление животных на пастбище отличается от кормления на фермах и комплексах по нескольким причинам. Во-первых, их рацион неоднороден из-за разнообразия ботанического состава трав на пастбище. При этом он меняется со временем, так как разные виды трав растут неодинаково в разное время года и, кроме того, состав трав будет меняться в зависимости от степени зрелости (старения) трав. Вторая важная особенность пасущихся животных состоит в том, что они затрачивают значительное время и энергию на пастьбу.

**Системы пастьбы.** В большинстве традиционных пастбищных систем животных держат на одной и той же площади пастбищ в течение года (беспрерывная пастьба). При таких системах идеальное число животных на единицу площади должно быть таким, чтобы поддерживать хороший баланс между отрастанием новых трав и их поеданием; в этих условиях животное находится в постоянном обеспечении молодой (и поэтому питательной) травой. В практике такая идеальная ситуация редкость. Если скорость роста травы превышает ее стравливание, то трава накапливается и стареет, снижая, таким образом питательность травостоя. Однако, увеличение травостоя относительно потребности позволяет животным поедать выборочно, и они способны компенсировать до некоторой степени общее падение питательной ценности за счет выбора трав или части трав, которые более питательны, чем остальные. Например, листья могут поедаться предпочтительнее стеблей. Такое выборочное поедание является важным на пастбище, содержащем широкий набор видов растений (например, кустарники и ветки, а также травы и травянистые бобовые). Если скорость поедания трав превышает скорость отрастания, то давление стравливания на травостой повышается. Возможность выбора трав животными снижается, и пастбищные растения могут настолько потерять облиственность, что их резервы в корнях истощаются и они перестают расти. Оба – недоедание и передоедание пастбища может изменить их ботанический состав до такой степени, что ухудшится питательность травостоя.

При ротационной системе пастбище используется в течение короткого периода при высокой нагрузке и давлении на пастбище; животные поедают большую часть травостоя, который им предлагается, и пастбище затем отдыхает длительный период до восстановления. Например, пастбище можно разделить на 10 участков, и каждый стравливать в течение 2 дней, давая таким образом 18 дней на восстановление травостоя на каждом участке. При ротационной системе животные должны получать травостой одинаковой питательной ценности. В этой системе баланс между ростом и поеданием травостоя можно регулировать путем

изменения числа животных или размера загона, в определенных ситуациях некоторые загоны могут быть убраны на сено или силос. Пастбище необязательно убирать путем пастьбы. В некоторых случаях траву можно убрать машинами и транспортировать к стойлам. Эта практика нулевой пастьбы позволяет лучше регулировать кормление скота.



Рисунок 24.2 - Стадо коров на пастбище

### **24.3. Факторы, влияющие на питательную ценность травы**

Питательная ценность пастбища зависит от ботанического состава травостоя, климата и сезона года. Концентрация сахаров и фруктанов, например, зависит от количества солнечного освещения растений. В целом, в пасмурный облачный день содержание растворимых сахаров в траве будет меньше, чем в ясный солнечный день. Дожди могут влиять на минеральный состав трав, например, кальций имеет тенденцию накапливаться в большем количестве в растениях в период засухи, чем тогда, когда почва влажная; фосфор, наоборот, накапливается в большем количестве, когда погода дождливая.

Энергетическая ценность трав осенью часто ниже, чем весной, когда их скашивают в одной и той же стадии роста. Например, СВ весенней травы, содержащее 11 МДж ОЭ/кг, обеспечивало 5,2 МДж чистой энергии в 1 кг СВ при откорме скота, в то время как такая же молодая трава осеннего периода при той же величине ОЭ обеспечивала 4,3 МДж чистой энергии в 1 кг. Позднесезонные травостои имеют пониженную концентрацию растворимых углеводов и повышенную белка, чем раннесезонные; доказано, что такое сочетание приводит к плохому задержанию азота трав в рубце, в результате происходит повышенное всасывание аммиака из рубца в кровь, снижение продукции микробного белка и, как следствие, пониженная продуктивность.

Скорость роста трав зависит от погодных условий, наличия питательных веществ в почве и количества в травостое листьев, которые поглощают солнечный свет – главный фактор фотосинтеза органических веществ. Сразу после уборки травы отрастают медленно, затем следует период ускоренного роста, по мере старения трав рост прекращается.

Типичная скорость увеличения зеленой массы на пастбищах в районах с умеренным климатом весной составляет 40-100 кг СВ на 1 га в день.

#### **24.4. Ботанические виды кормовых трав**

**Злаковые травы** (Gramineae). Набор злаковых трав, используемых в полевых и пастбищных условиях, включает травы, которые хорошо растут ранней весной и поздней осенью при низких температурах (6-7°C), и травы жаркого периода, которые медленно растут ранней весной, а наиболее активно – в начале лета, формируя семена летом и осенью.

Холодостойкие и жаростойкие травы, которые высоко ценятся, включают многолетний райграс (*Lolium perenne*), итальянский райграс (*Lolium multiflorum*), ежу сборную (*Dactylis glomerata*), мятлик луговой (*Poa pratense*), костер безостый (*Bromus inermis*). Другие, менее используемые: бермудская трава (*Cynodon dactylon*), лисохвост (*Alopecurus pratensis*), полевица (*Agrostis* spp), овсяница высокая (*Festuca arundinacea*). Кроме того, несколько сорговых видов используют для заготовки зеленой массы или сена, а также в качестве пастбища. Суданская трава (*Sorghum vulgare sudanense*) является наиболее культивируемой как в условиях России, так и других стран. Другая культура – трава Джонсона (*Sorghum halepense*). Некоторые хозяйства используют эти виды из-за того, что они могут быть посеяны в начале лета в умеренных районах, будут давать травостой в поздний период и переходить в пастбище. Вместе с тем, они склонны иметь высокое количество гликозидов, которые могут превращаться в цианистоводородную кислоту (высокотоксичное вещество), в частности, после действия на них засухи или заморозков, так что нужно внимательно следить за использованием пастбища при таких условиях.

#### **Бобовые травы**

Многие бобовые травы охотно поедаются животными на пастбище. Наиболее распространенной является люцерна (*Medicago sativa*). Во многих районах производится люцерновое сено и сенаж, так как она дает высокий урожай, обладает многолетней устойчивостью, хорошим составом питательных веществ.

Другими бобовыми культурами, интенсивно используемыми на пастбище и в чистых посевах, является клевер красный (*Trifolium pratense*), белый (*Trifolium repens*) и подземный клевер (*Trifolium subterraneum*), люпинус (*Lupinus* ssp), вика (*Vicia* spp), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus*).

Бобовые содержат больше белка, чем злаковые травы (табл. 23.6). Листья являются богатыми источниками белка и других питательных веществ, однако, стебли содержат много целлюлозы и лигнина особенно у взрослых растений и по питательности сильно уступают ли-

ствам. По сравнению со злаками бобовые имеют более высокие концентрации Ca, Mg, S и Cu, но более низкое содержание Mn и Zn в сравнении со злаковыми травами. Бобовые более вкусны, поэтому к ним нужна постепенная адаптация, чтобы не допустить перекармливания.

### **24.5. Проблемы пастбы и пастбищ**

**Нитраты.** В ранние периоды роста травы, особенно, холодостойкие виды содержат много воды, кроме того - в избытке для жвачных животных белок и общий N. Из-за этого у животных часто наблюдается диарея, а также становится причиной недостаточного потребления сухого вещества как основного источника энергии. Сырой белок трав содержит много свободных аминокислот, в том числе аргинина, глютаминовой кислоты и лизина. В условиях, когда внесены высокие дозы азотных удобрений, а в почве дефицит влаги, то в траве создается высокий уровень небелкового азота в форме нитратов, аминокислот и амидов, при некотором дефиците серусодержащих аминокислот. Нитраты сами по себе относительно нетоксичны для животных. Токсическое действие у жвачных вызывается восстановлением в рубце нитратов в нитриты. Нитриты, но не нитраты, окисляют трехвалентное железо гемоглобина в окисное железо, производя коричневатый пигмент метгемоглобин, который не способен переносить кислород в тканях тела. Токсические признаки включают судороги, шатание, частое дыхание и гибель. Токсикоз может происходить у животных, поедавших траву с содержанием более 0,7 г нитритного азота в 1 кг СВ, хотя летальная концентрация намного выше указанной. Считают летальной концентрацией 2,2 г нитритного азота в 1 кг СВ. Резкое (внезапное) потребление нитритов может быть опасным. В практике это может произойти при пастбе на орошаемом тучном пастбище, когда травостой, который в норме нетоксичен, поедается необычно быстро.

Если животных постепенно адаптировать к корму на высоконитратной траве, токсикозы менее вероятны, так как рубцовые микроорганизмы способны восстановить нитраты до аммиака, который хорошо используется.

### **Тимпания (вздутие) рубца**

Некоторые бобовые, в частности, люцерна, белый и красный клевер могут вызвать вздутие рубца у крупного рогатого скота. Вздутие вызывается пенообразующими веществами растений, среди которых цитоплазматические белки и, по-видимому, пектины являются наиболее причинными. Пена в рубце вызывает захватывание рубцовых газов, которые не могут отрываться, вызывая нарастающее увеличение давления в рубце и, если не оказать своевременную помощь, ухудшение состояния животного в результате сдвига рубца в полость легких и их сжатия. Селекционеры-растениеводы в настоящее время работают над

созданием сортов люцерны с пониженным содержанием белков, вызывающих вздутие.

**Микотоксины.** Несколько расстройств у пасущихся животных вызывают травы, пораженные грибами, которые производят вещества, известные как микотоксины. Состояние, называемое «шатание от райграса», происходит у жвачных и лошадей, поедающих райграс многолетний. Подвергнутые токсикозу животные теряют координацию и могут войти в коллапс, хотя смертность невысока. Эндофитные грибы включают *Acremonium loliae*, которые производят нейротоксический алкалоид лолитрем В.

Алкалоид спорыньи – эрговалин, производится грибами *Acremonium coenophialum*, который инфицирует траву овсяницу. Эрговалин вызывает состояние, известное как «овсяничный шок», когда пасущиеся животные плохо стоят на ногах, хромают, при крайней степени отравления у них развивается гангрена. Другой микотоксин – споридесмин, который производится на пастбищах грибом *Pithomyces chartarum*, он вызывает у овец и крупного рогатого скота поражение печени, которое приводит к поступлению в циркулирующую кровь желчи и продукта распада хлорофилла – филоэритрина. Эти вещества вызывают желтуху (разлитие желчи) и светочувствительность кожи, которая сопровождается экссудативным диатезом с некрозом кожи морды и других незащищенных от солнечных лучей участков тела животных. Это расстройство называется «фациальная экзема».

#### **Проверочные вопросы:**

1. По каким признакам построена классификация кормов, назовите представителей объемистых, концентрированных и кормов животного происхождения.
2. Химический состав: белковая, энергетическая, минеральная и витаминная питательность трав на зеленый корм в зависимости от ботанического состава.
3. Особенности белкового и аминокислотного состава злаковых и бобовых трав. Влияние климата и агротехники на содержание белка и других веществ.
4. Какие культуры традиционно используют на зеленый корм?
5. Биологическая ценность белка злаковых и бобовых трав, небелковые азотсодержащие вещества и их количества в зависимости от сроков скашивания.
6. Пастбище, ботанический состав травостоев, рациональные системы пастбы. Проблемы пастбищ и пастбищного кормления скота.
7. Сравнительная оценка летнего кормления крупного рогатого скота в системе зеленого конвейера и однотипного кормления.
8. Причины тимпани. Характер отравления микотоксинами на пастбище.

9. Причины отравления животных нитратами и нитритами на пастбище. Механизм отравления.

### **Литература**

1. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов: Научное издание / М. П. Кирилов, Н. Г. Первов, А. С. Аникин, В. Н. Виноградов, В. М. Дуборезов, В. В. Пузанова, В. М. Косолапов, И. Ф. Драганов, В. П. Дегтярев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 404 с.
2. Кормление животных. Учебник / Под ред. И. Ф. Драганова, Н. Г. Макарецца, В. В. Калашникова. В 2-х т. М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2010. Т.1. – 341 с.; Т. 2. – 565 с.
3. Баканов В.Н. Летнее кормление молочных коров/В. Н. Баканов, Б. Р. Овсищев. – М.: «Колос», 1982. – 174 с.
4. McL. Dryden, G. Animal Nutrition Science. 2008. The University of Queensland, Gatton Australia.
5. Ветеринарный энциклопедический словарь. М., 1981.

## Глава 25. Сено и солома

Традиционный метод получения кормов из зеленых растений состоит в заготовке сена, успех которого до недавнего времени полностью зависел от погодных условий в период сенокоса и его полевой сушки. Появление высокопроизводительных полевых машин и сенохранилищ, оборудованных сушильной техникой, значительно улучшило процесс заготовки сена независимо от погоды. Хотя заготовка кормов методом силосования значительно превышает заготовку сена, тем не менее, производство сена остается востребованным.



Рисунок 25.1 - Заготовка сена в рулонах без пленки и в пленке



Рисунок 25.2 - Заготовка и хранение сена в тюках

Цель заготовки сена состоит в снижении содержания влаги в растениях до уровня, достаточного, чтобы подавить действие растительных и микробных ферментов. Содержание воды зависит от вида растений, срока их созревания, погодных условий и находится в пределах от 65 до 85%. Сено может нормально храниться в скирдах и тюках при содержании воды 15-18%. Уборка трав на сено в поздней стадии вегетации, когда содержание воды наименьшее, облегчает сушку и заготовку сена, но при этом получают корм более низкой питательности по сравнению с сеном, заготовленным из трав в молодом возрасте (табл. 25.1).

Таблица 25.1 – Химический состав сухого вещества сена тимофеевки луговой, убранный в разные стадии роста.

Показатели	Выколашивание	Цветение	Созревание семян
Сырой белок, %	8,5	4,95	3,54
НДК, %	63,7	71,3	74,6
КДК, %	40,7	43,6	52,2
Лигнин, %	4,6	6,6	9,6
Целлюлоза, %	36,1	37,0	42,7
Гемицеллюлоза, %	23,0	27,7	22,5
Силициум, %	0,43	0,53	0,62
Переваримость СВ, %	70,3	60,6	53,6

### 25.1. Химические изменения и потери в процессе заготовки сена

Химические изменения приводят к потере полезных питательных веществ, неизбежно происходящей в процессе сушки. В норме потеря воды из скошенного валка регулируется естественной биологической устойчивостью листа и стебля к потере воды, а также погодными условиями и микроклиматом в самом валке скошенных трав, механической обработкой травы при уборке. Потери питательных веществ при заготовке сена увеличиваются в результате действия растительных и микробных энзимов, химического окисления, выщелачивания и механической потери листьев.

**Действия растительных энзимов.** В теплую сухую ветреную погоду скошенная масса растений, если правильно все делать, будет высушаться быстро, поэтому потери от активности растительных энзимов будут небольшими. Главные изменения происходят с растворимыми углеводами и азотсодержащими веществами. На ранней стадии процесса высушивания происходит гидролиз фруктанов с образованием фруктозы. Так в процессе провяливания целых растений костра безостого (*Bromus inermis*) содержание крахмала через 12 часов снижается на 27%, водорастворимых углеводов на 10% (Григорьев Н.Г. и др., 1989).

Во время последующего высушивания имеют место значительные потери гексоз в процессе дыхания (окислительного фосфорилиро-

вания) с образованием углекислого газа и воды. Эти потери приводят к увеличению концентрации компонентов клеточных стенок и количества нейтрально-детергентной клетчатки. У свежескошенных трав протеазы растений быстро гидролизуют белки до пептидов и аминокислот, гидролиз сопровождается разрушением некоторых аминокислот (табл. 25.2).

Таблица 25.2 – Изменения азотсодержащих веществ в смеси трав райграс + клевер в зависимости от условий высушивания в поле\*

Способ сушки	СВ, %	Водорастворимые углеводы, % СВ	Общий N, % СВ	Компоненты N (г в 1 кг общего азота)		
				Белк. N	Небелк. N	N- NH <sub>3</sub>
Свежая трава	17,3	21,3	2,66	925	75	1,2
Проявлявание 6 ч (сухая погода)	34,9	21,5	2,82	876	124	1,1
Проявлявание 48 ч (сухая погода)	76,2	20,3	2,89	835	165	2,1
Проявлявание 48 ч (сырая погода)	19,9	21,1	2,99	753	247	2,1
Проявлявание 144 ч (сырая погода)	37,5	17,5	3,10	690	310	26,4

\*Займствовано у Carpintero M.C., et al., 1979

Для ускорения процесса сушки в поле применяют такие методы, как резка, плущение, переворачивание и рыхление валка, что позволяет воде быстрее испаряться, а воздуху легче проникать в валок. В условиях подсобных хозяйств применяется заготовка сена на вешалках, рамах, треногах.

**Действия микроорганизмов.** Если сушка из-за плохой погоды продолжительная, то изменения происходят в результате активизации бактерий и грибов. Бактериальная ферментация происходит на скошенной массе, которая лежит в поле в течение нескольких дней, при этом образуются небольшие количества уксусной и пропионовой кислот. Плесневелое сено - невкусное и может быть вредным для животных из-за присутствия микотоксинов. Такое сено часто содержит актиномицеты, которые являются причиной аллергических болезней человека, известных как «фермский кашель».

При сушке сена в поле происходит окисление питательных веществ. Это можно видеть по пигментам на сене, многие из которых являются разрушительными. Содержание провитамина А (каротина) снижается со 150-200 мг в 1кг/СВ свежей массы, до 2-20 мг в 1 кг сена. Быстрое высушивание на солнце сохраняет каротин более эффективно и потери составляют всего 15-20%. В результате солнечного облучения эргостерола, присутствующего в зеленой массе, в сене повышается содержание витамина Д.

**Выщелачивание.** Из-за выщелачивания дождем сильно повышаются потери питательных веществ, особенно после того как масса была уже частично высушена. Выщелачивание вызывает потери растворимых минералов, сахаров и азотсодержащих веществ, и, как следствие, повышение концентрации компонентов клеточных стенок и содержания клетчатки. Дождь может продлить действие энзимов внутри клетки, вызывая увеличение потерь растворимых питательных веществ, и, кроме того, развитие плесени.

**Механические потери.** В процессе высушивания листья теряют воду быстрее, чем стебли, становятся ломкими и легко осыпаются при уборке. Минимальные потери листьев люцернового сена составляют 3%. Избыточные механические перетряски повышают потери листового материала до 35% и, следовательно, - значительной части более переваримых питательных веществ. Особенно много теряется листьев при заготовке люцернового сена. Сейчас применяются косилки, оборудованные плющилками для расплющивания стеблей, в результате скорость сушки стебля и листа мало различается, поэтому потери листьев снижаются. Другой прием снижения механических потерь - укладка сена в стога или сенохранилища при повышенном содержании (30-40%) влаги с последующим высушиванием с помощью принудительной вентиляции. При этой технологии сохраняется хорошее качество сена.

**Фаза роста и созревания.** Фаза созревания ко времени скашивания является наиболее важным фактором, определяющим питательную ценность сена. Чем позже дата скашивания, тем больше будет урожай, но тем ниже содержание белка, выше клетчатки, ниже переваримость и энергетическая ценность, хуже поедаемость сена животными. Сено, заготовленное из молодых растений, имеет более высокую питательность, чем сено из зрелых растений (табл. 25.1.).

**Виды растений.** Из культурных сеяных трав производят злаковое, бобовое или злаково-бобовое сено. Сено из трав естественных угодий имеет более разнообразный ботанический состав, но, чаще всего, более низкую питательность. Сено из бобовых культур богаче белком и минеральными веществами, чем сено из злаковых культур. Чистый клевер обычно не выращивается на сено, в то же время, заготовка сена из смеси злаковых трав и клевера весьма распространена. Люцерна (*Medicago sativa*) является важным бобовым растением на сено во многих странах. Ценность люцернового сена определяется высоким содержанием белка, и может содержать его 20%, если оно заготовлено в самом начале фазы цветения. Злаковые зерновые (ячмень, пшеница, овес) иногда скашивают зелеными и заготавливают сено в фазе молочной

спелости зерна. Питательность сена зерновых примерно такая же, как из взрослых трав, хотя содержание белка в них существенно меньше. В таблице 25.3. показан состав ряда видов сена. Из смеси злаковых и бобовых трав можно получить сено отличного качества с содержанием переваримого белка 115 г и выше 10 МДж ОЭ в 1 кг СВ. В целом сушка травы на сено не должна ухудшать ее питательность. С другой стороны, сено плохого качества, заготовленное от старых растений в плохую погоду, имеет низкую переваримость и ОЭ ниже 7 МДж в 1 кг СВ. Такое сено не лучше овсяной соломы.

Таблица 25.3. – Состав и питательность сена из разных видов трав

Виды трав	Сырая клетчатка, % СВ	Сырой белок, г в 1 кг СВ	Переваримый сырой белок, г в 1 кг СВ	Обменная энергия, МДж в 1 кг СВ
<b>Травы злаковые</b>				
Овсяница	29,8	113	67	8,8
Смесь трав	30,1	114	63	8,6
Ежа сборная	35,6	82	42	8,0
Райграс	30,5	96	48	8,9
Тимофеевка	34,1	77	36	8,2
<b>Бобовые</b>				
Клевер	31,9	143	89	8,9
Люцерна	32,2	165	118	8,3
Вика	27,7	213	163	9,1
Соя	36,6	156	101	7,8
<b>Зерновые культуры</b>				
Ячмень	26,5	93	52	8,6
Овес	32,9	80	41	8,5
Пшеница	26,8	82	44	7,8

### 25.1.1. Изменение качества сена в процессе хранения

Химические изменения и потери, происходящие в процессе заготовки сена, не полностью прекращаются, они продолжают в период хранения в стогах, сенохранилищах, тюках и рулонах. Сено может содержать от 10 до 30% воды. При высокой влажности химические изменения происходят в результате действия энзимов и микроорганизмов. Процессы дыхания прекращаются при 40°C, однако, действие термофильных бактерий способно проходить и при 72°C. Химическое окисление может вызвать дальнейшее нагревание. Тепло имеет тенденцию накапливаться в сене и может вызвать его загорание. Продолжительное согревание в процессе хранения оказывает пагубное действие на белок. Новые взаимосвязи образуются внутри белковых молекул и между пептидными цепями. Некоторые из них устойчивы к гидролизу протеаз, снижая, тем самым, растворимость и переваримость белка. Чувствительность белков к тепловому воздействию значительно усиливается в

присутствии сахаров в результате реакции Майлларда. Температура имеет большое влияние на скорость этой реакции, которая при 70°C в 9000 раз выше, чем при 10°C. Аминокислота лизин особо восприимчива к этим реакциям. Продукты реакции сначала обесцвечиваются, затем становятся коричневыми; темно-коричневый цвет перегретого сена и сенажа обусловлен реакцией Майлларда.

Потери каротина в процессе хранения зависят в значительной мере от температуры. При температуре ниже 5°C они незначительны или никаких потерь не происходит. В процессе хранения увеличивается количество клеточных стенок и снижается питательная ценность.

**Общие потери.** Общие потери при заготовке сена могут быть чрезвычайно большими в условиях плохой погоды. Разница между составом убираемой на сено зеленой массы и готовым сеном примерно равна: 18-20% СВ и 27% переваримого белка. При неблагоприятных погодных условиях потери могут достигать 30 - 40%.

## **25.2. Снижение потерь при заготовке и хранении сена**

**Консерванты.** Цель использования консервантов - обеспечить сохранность сена при повышенной влажности и недопустить повреждения плесенью. Химические консерванты включают пропионовую кислоту и ее менее летучее производное – бипропионовый аммоний. Пропионовая кислота, применяемая в количестве 3 кг на 1 т сена с влажностью 30% предотвращает появление плесени и сохраняет сено. Однако в полевых условиях трудно равномерно распределить консервант в массе сена, поэтому расходуют 12 кг на тонну сена водного раствора пропионовой кислоты (300 г/кг воды). Сено с содержанием воды до 40-50% можно удовлетворительно хранить после пропионовой обработки, при достаточном количестве и равномерном распределении кислоты в массе. Молочная кислота также может использоваться как консервант сена.

Использование безводного аммония путем его нагнетания в стога влажного сена, закрытые пластиком, повышает сохранность в аэробных и анаэробных условиях и питательную ценность сена.

## **25.3. Искусственно высушенное сено**

Искусственное высушивание - очень эффективный, хотя и дорогой метод. В северных районах нашей страны злаковые и злаково-клеверные смеси, а в южных районах люцерна обезвоживаются методом искусственной сушки. Однако, объем такой сушки - не более 0,5-1% от общей заготовки сена из-за больших затрат на дорогостоящее горючее. Высушивание зеленой массы проводится горячими газами при температуре газа 150°C; время сушки - от 20 до 50 мин в зависимости от конструкции сушилки и содержания влаги в травах. В высокотемпературных сушилках температура газов в начале - в пределах 500-1000°C и

время, затрачиваемое на прохождение массы через сушилку, составляет от 0,5 до 2 мин.

В обоих методах температура и время высушивания тщательно контролируется, а готовый продукт обычно содержит 5-10% воды. Пока некоторое количество влаги остается в материале, температура массы не превышает 100°C. Если высушиваемая масса остается в контакте с горячими газами слишком долго, она будет обугливаться или даже полностью сгорать.

После высушивания корм можно использовать для разных животных. Для поросят и птиц – в виде муки или гранул, для жвачных – в тех же формах (рис. 25.3). Гранулы делают в роторном прессовом грануляторе из измельченной массы, брикеты – на роторном прессе из травяной резки. Чтобы произвести из травы 1 т гранул и брикетов с 80% СВ требуется 300 л дизельного топлива.

Как метод консервации искусственное высушивание является очень эффективным. Потери сухого вещества от механического воздействия и процесса высушивания не превышают 10%, а питательная ценность сухого продукта близка к таковой свежей массы. Например, люцерна, скошенная в ранней вегетации, в сухом виде содержит 22% сырого белка, 28% КДК и 10,5 МДж ОЭ в 1 кг СВ.



Рисунок 25.3 - Гранулы из травяной муки

В процессе длительного хранения гранул происходит разрушение каротина, особенно при доступе света и воздуха. Сухая травяная мука может терять почти половину каротина в течение 7 месяцев хранения в обычных условиях. Высококачественная мука содержит около 250 мг каротина в 1 кг, хотя в исключительных условиях может быть 450

мг/кг. Вместе с тем, в результате быстрого процесса высушивания содержание витамина Д в травяной муке - очень низкое.

Корма, произведенные из травы в ранней фазе развития, используются в рационах свиней и птицы. Их стоимость определяется количеством белка, каротина и ксантофилла, придающего яркий цвет желтку куриного яйца. Вместе с тем, введение в рационы откармливаемых свиней люцерновой муки в количестве 20 и 40% сухого вещества рациона, вызывает снижение среднесуточных приростов, но при этом улучшается качество мяса (табл. 25.4).

Таблица 25.4 – Влияние количества люцерновой муки в рационах свиней на приросты живой массы и качество туш

Показатели	Контроль	20% люцерновой муки	40% люцерновой муки
Среднесуточный прирост ж.м., кг	0,849	0,728	0,671
Потребление корма, кг/гол/день	2,51	2,64	2,53
Толщина шпика, мм	30,7	26,8	25,9
Длина туловища, см	76,2	77,6	77,8
Площадь мышечного глазка, см <sup>2</sup>	28,8	29,2	28,2
Затраты корма на 1 кг прироста, кг СВ	2,96	3,64	3,77

Искусственно обезвоженную муку из люцерны используют в рационах жвачных, главным образом, как заменитель зерновых и белковых концентратов, даваемых вместе с силосом и сеном. Такое сочетание обеспечивает высокое потребление сухого вещества. Имеются доказательства, что кажущаяся переваримость люцерновой муки невысокая в результате ее быстрого убытия из рубца.

Поскольку производство искусственно высушенной люцерны сезонное, большие ее количества приходится хранить в течение 6 мес или дольше, то происходят значительные потери каротина, ксантофилла и витамина Е. Скорость потерь напрямую зависит от температуры в хранилище, поэтому травяную муку рекомендуется хранить в холодильнике. С недавнего времени сухие продукты удовлетворительно сохраняют в атмосфере инертного газа, который фактически исключает окислительные потери.

#### 25.4. Солома и побочные продукты

Солома состоит из стеблей и листьев растений после обмолота зрелых семян и производится из большинства злаковых и некоторых бобовых культур. Полова состоит из оболочек или шелухи семян, которые отделяются от семян при обмолоте. Современные уборочные комбайны могут убирать солому и полову раздельно. Солома всех культур содержит много клетчатки, лигнина и имеет низкую питательную ценность. Из-за высокого уровня клетчатки солому используют как корм для жвачных. В развитых странах ее используют, в основном, как под-

стилку. Между тем, солома бывает необходима в рационах высокопродуктивных коров в период запуска для затухания лактации перед постановкой на сухостойный период. Кроме того, солому приходится вводить в рационы сухостойных коров для снижения концентрации энергии в сухом веществе рациона в целях недопущения повышенной упитанности животных. Солому включают также в рацион нетелей, имеющих упитанность  $BSCS > 3,5$  для снижения концентрации энергии. В странах центральной, юговосточной Азии, Африки, Южной Америки солома является естественным кормом для крупного рогатого скота.

Кукуруза, пшеница, ячмень, рожь, овес и рис - основные источники соломы, однако, в нашей стране чаще всего используют на корм ячменную и пшеничную солому. Овсяная солома предпочтительна для кормления, но из-за малого объема производства овса количество этой соломы очень ограничено. В целом, солома составляет не более 5-10% объема кормов.

**Кукурузная солома.** Кукурузная солома, или кукурузный стебель (народное название – «бодылка») имеет более высокое содержание питательных веществ и более высокую переваримость, чем другие виды соломы. Содержание в ней сырого белка 60 г, обменной энергии 9 МДж в 1 кг СВ. В Северной Америке кукурузную солому часто используют как основную часть рациона для стельных мясных коров. После уборки зерна животных можно пасти по остаткам на кукурузном поле, а также скармливать измельченную или силосованную кукурузную солому. Солому после высушивания в поле убирают в рулоны.

**Рисовая солома.** Во многих интенсивно производящих рис странах рисовую солому используют в качестве корма для скота. Содержание в ней белка и обменной энергии сходно с таковыми у соломы ярового ячменя. Особенностью рисовой соломы является высокое содержание золы, около 170 г в 1 кг СВ, которая состоит, главным образом, из силициума; содержание лигнина около 60-70 г в 1 кг СВ, однако, это ниже, чем в соломе других культур. В противоположность остальным видам соломы у рисовой - стебель лучше переваривается, чем листья.

**Пшеничная и ржаная солома.** Пшеничная и ржаная солома низкопитательны. Их переваримость может быть заметно улучшена щелочной обработкой.

**Солома бобовых.** Бобовая и гороховая солома богаче белком, кальцием и магнием, чем солома злаков, и, если правильно убрана, является полезным грубым кормом для жвачных. Из-за низкого содержания клетчатки в стебле ее труднее высушить, чем зерновую солому, и она чаще поражается плесенью при хранении.

Таблица 25.5 – Химический состав, питательность соломы и половы некоторых видов растений

Вид растения	СВ, %	СППВ, %	ОЭ, МДж в 1 кг СВ	СБ, %	СЖ, %	СК, %	НДК, %	СЗ, %	Са, %	Р, %	К, %	Mg, %
Кукурузные стебли	85	50,0	7,4	5,9	1,3	34,4	39	7,2	0,49	0,09	0,09	0,45
Ячменная солома	90	39,0	5,7	4,1	1,8	41,8	52	6,6	0,37	0,11	2,28	0,19
Овсяная солома	90	45,0	6,7	4,5	2,4	40,3	50	7,0	0,27	0,10	2,23	0,18
Овсяная полова	93	35,0	4,9	3,8	1,5	32,2	40	6,5	0,16	0,11	0,52	0,11
Рисовая солома	91	41,0	6,0	4,5	1,4	35,1	44	16,6	0,21	0,08	1,32	0,11
Рисовая полова	92	12,0	1,2	3,3	0,8	42,9	72	20,6	0,09	0,08	0,34	0,20
Сорговая солома	90	48,0	7,2	5,3	2,3	32,6	41	6,6	0,40	0,11	1,2	-
Соевая шелуха	91	77,0	11,9	12,1	2,1	40,1	50	5,1	0,59	0,17	1,03	-
Соевая солома	88	44,0	6,6	5,2	1,4	44,0	55	5,8	1,59	0,06	0,53	0,92
Пшеничная солома	90	41,0	6,0	3,6	0,0	41,5	52	7,2	0,19	0,09	1,11	0,12
Гороховая солома	86	56,0	8,5	10,5	1,9	41,0	49	7,7	1,00	0,11	1,20	-
Ржаная солома	85		5,2	4,5	1,5	38,3	75	8,0	0,28	0,10	1,0	0,8

## 25.5. Повышение питательности соломы химическими методами

**Щелочная обработка.** Когда солому подвергают действию щелочи, то эфирные связи между лигнином и полисахаридами клеточных стенок (целлюлозой и гемицеллюлозой) разрываются, тем самым, делая полисахариды более доступными для микроорганизмов в рубце. Этот способ впервые был использован в Германии в 1900-х годах для улучшения переваримости соломы. По методу Бекманна (Beckmann) солому смачивали в течение 1-2 дней в разбавленном растворе едкого натрия (NaOH), 15-30 г на 1 л, затем тщательно промывали с целью удаления щелочи. В результате переваримость сухого вещества повышалась с 40 до 50-70%, несмотря на то, что промывка удаляла значительное количество растворимых (преимущественно лучше переваримых) веществ.

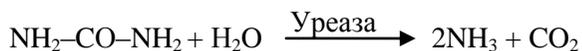
Подобный способ щелочной обработки состоит в том, что соломенную резку или муку перемешивают в смесителе с небольшим количеством концентрированной NaOH (обычно 170 л на 1 т соломы в виде 30% раствора). Щелочь образует карбонат натрия, непромытый конечный продукт имеет pH 10-11. Этот метод менее эффективен в повышении переваримости, чем метод Бекмана, но он дает продукт, который можно смешивать с другими кормами и гранулировать.

Альтернативным щелочному с едким натрием является метод с использованием аммиака (аммиачный метод), который может быть применен на соломе в безводной форме или как концентрированный раствор. Так как обе формы являются летучими (испаряющимися), то процесс следует проводить в герметичной емкости, которую можно сделать путем укрытия скирды, тюков или рулонов соломы пластиковой пленкой. Поскольку аммиак является более слабой щелочью, чем гидроксид натрия, он реагирует с соломой медленно; время, требуемое для обработки, – от одного дня (при температуре до 85°C) до месяца (при температурах от +5°C до -10°C). Аммиак добавляют в количестве 30-35 кг на 1 т соломы и, когда скирду раскрывают, то около 2/3 NH<sub>3</sub> теряется в результате улетучивания. Оставшийся аммиак, связанный с соломой, поднимает содержание сырого белка до 50 г в 1 кг соломы. Положительным свойством метода обработки аммиаком по сравнению с обработкой едким натрием является то, что аммиак не остается, как натрий.

Как едкий натрий, так и аммиак широко используют для обработки низкокачественных грубых кормов. Опасность, возникающая от обработки аммиаком, состоит в том, что он может вызвать образование токсичных имидазолов, которые образуются в результате реакции между аммиаком и сахарами. В кормах, содержащих сахара в большем количестве, чем в соломе, таких как сено, более вероятно могут образовы-

ваться имидазолы, количество которых увеличивается при высокой температуре. Имидазольные токсины вызывают неврозы.

**Обработка мочевиной.** Химическим веществом для обработки грубых кормов, которое мягче (безопаснее) для работы и дешевле, чем аммиак, является мочевина. В присутствии фермента уреазы она гидролизуется до аммиака:



Мочевина

Солому обычно заселяют бактериями, которые выделяют уреазу; важно, чтобы солома была достаточно увлажнена (300 г воды на 1 кг соломы), что обеспечит гидролиз мочевины. После применения мочевины солому укрывают таким же путем, как при обработке аммиаком. Аммонизация мочевиной улучшает питательную ценность соломы, хотя не с таким постоянством, как при использовании NaOH и NH<sub>3</sub>.

Таблица 25.6 – Действие обработки соломы едким натрием и аммиаком на переваримость сухого вещества и приросты у крупного рогатого скота и овец (Greenhalgh J.F.D., 1983)

Показатели	NaOH		NH <sub>3</sub>	
	-	+	-	+
Крупный рогатый скот				
Солома в рационе, %	64		61	
Переваримость СВ	0,56	0,64	0,58	0,65
Потребление СВ, кг/день	7,2	8,1	6,8	7,8
Прирост ж.м., кг/д	0,62	0,82	0,40	0,71
Овцы				
Солома в рационе, %	66		65	
Переваримость СВ	0,57	0,65	0,52	0,62
Потребление СВ, г/день	997	1259	1156	1147
Прирост ж.м., г/д	39	126	73	99

Мочевину можно использовать в качестве добавки к соломе при кормлении. В таблице 25.7 представлены сравнительные данные по действию мочевины, добавленной к обычной соломе, которая за месяц до кормления была обработана мочевиной с образованием аммиака. В обоих случаях, когда мочевину применяли отдельно (группы 2 и 3 против 1), повышалось потребление корма, его переваримость и снижались потери живой массы у овец. При двойной обработке (группа 4) получены лучшие показатели, вероятно, из-за того, что обогащенная мочевиным аммиаком солома (группа 3) не поддерживала достаточную концентрацию аммиака в рубце.

Для обработки соломы и сена щелочи можно применять на цельных растениях зерновых культур, если они скошены поздно при значи-

тельной пропорции зерна (например, 60%) и сильном огрублении соломы. Аммиак или NaOH повышают переваримость соломы и, кроме того, действуют как защита от плесени.

Для улучшения переваримости соломы можно также использовать кальцинированную соду, перекись водорода и минеральные кислоты, однако, эти методы слишком дорогие.

Таблица 25.7 – Эффективность использования мочевины для обогащения рисовой соломы для овец (Djajanegara A., Doyle P.T., 1989)

Обработка соломы: а) Добавки: б) *	Нет	Нет	Мочевина	Мочевина
	Нет	Мочевина	Нет	Мочевина
Группы	1	2	3	4
Переваримость СВ	0,42	0,48	0,54	0,55
Потребление СВ, г/д	682	951	931	1114
Изменение ж.м., г/д	-138	-20	-10	38
Содержание NH <sub>3</sub> -N, мл/л	12	104	57	203

\* Примечания: а) солому опрыскивали 1 л/кг раствором, содержащим 60 г мочевины, затем хранили 28 дней; б) 11,5 г мочевины и 2,35 г Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> на 1 кг потребленного сухого вещества, полученного в результате продолжительной внутрирубцовой инфузии.

#### Проверочные вопросы:

1. Содержание основных питательных веществ (энергия, белок, НДК, КДК, лигнин, сырой жир, Са и Р) в сене из злаковых и бобовых трав.
2. Современные технологии заготовки сена (технологические операции).
3. Биохимические факторы потери питательных веществ при заготовке и хранении сена.
4. Влияние фазы созревания трав и погодных условий на состав и питательность сена.
5. Технологические способы сохранения и повышения качества сена.
6. Состав и питательность соломы разных сельскохозяйственных культур, использование соломы в рационах крупного рогатого скота.
7. Способы повышения переваримости, энергетической и белковой питательности соломы.

#### Литература

1. Григорьев Н. Г. Биологическая полноценность кормов / Н. Г. Григорьев, Н. П. Волков, Е. С. Воробьев, А. В. Гарист, А. И. Фицев, Ф. В. Воронкова. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989.– 287 с.
2. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов: Научное издание. / М. П. Кирилов, Н. Г. Первов, А. С. Аникин, В. Н. Виноградов, В. М. Дуборезов, В. В. Пузанова, В. М. Косолапов, И. Ф. Драганов, В. П. Дегтярев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 404 с.

3. Кормление животных. Учебник/Под ред. И. Ф. Драганова, Н. Г. Макареца, В. В. Калашникова. В 2-х т. М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2010. Т.1. – 341 с.; Т. 2. – 565 с.
4. Понедельченко М.Н. Рациональные способы заготовки и использования кормов. / М. Н. Понедельченко, Г. С. Походня, В. И. Гудыменко. – Белгород: «Везелица», 2007. – 359 с.
5. Djajanegara A., Doyle P.T. - Animal Feed Sci. Technol., 1989, 27:17.
6. Greenhalgh J.F.D. - Agricultural Progress, 1983,58:11.
7. Carpintero M.C., Henderson A.R., McDonald P. – Grass and Forege Sci., 1979, 34:311



**Сенокос (с картины художника Николая Пимоненко, 1862-1912)  
Сенокос в южных районах России (19-ый – начало 20 века)**

## Глава 26. Силос

Силос – это корм, полученный в результате микробной ферментации после закладки зеленой массы растений в силосное хранилище. Практически любые культуры могут заготавливаться на силос, однако, чаще всего силосуют злаковые и бобовые травы, зерновые культуры. В зависимости от климатических и хозяйственных условий производят силос из злаковых трав, кукурузы, подсолнечника, сенаж - из злаковых, бобовых или смешанных трав, зерносенаж из зерновых культур: пшеницы, ячменя, овса.

Главным требованием в заготовке силоса путем естественной ферментации является создание анаэробных условий. В практике это делается путем измельчения растений в процессе уборки, быстрым заполнением силосного хранилища, уплотнением и герметичным укрытием массы с целью предотвращения проникновения в нее воздуха. Там, где воздух контактирует с массой в течение какого-то времени, аэробные микробы активизируются, масса гниет, становится несъедобной и токсичной для животных.

Другим важным условием заготовки качественного силоса является нейтрализация активности нежелательных микроорганизмов, таких, как клостридии и энтеробактерии. Эти микроорганизмы могут быть подавлены или путем активного роста (размножения) молочнокислых бактерий, или путем добавления консервантов. Молочнокислые бактерии ферментируют сахара, главным образом, глюкозу и фруктозу силосуемой массы с образованием смеси кислот, преимущественно молочной кислоты. В результате повышается концентрация водородных ионов до уровня, при котором нежелательные бактерии подавляются. Критическое значение рН на уровне 3,8-4,2, при котором происходит их подавление, зависит от содержания в силосуемой массе сухого вещества. Достижение критической рН труднее достигать с культурами высокой буферной емкости (высокое содержание белка, амидов, аммиака и Са, нейтрализующих молочную кислоту). Бобовые обладают более забуференной емкостью, чем злаковые, и поэтому их трудно силосовать. По силосуемости растения разделяются на 3 группы: легкосилосующиеся – злаковые травы, кукуруза, горохоовсяная смесь (содержание сахара от 2 до 5%); трудносилосуемые – клевер, люцерна (содержание сахара от 1,5 до 2%); несилосующиеся (содержание сахара менее 1%).

Чем мельче резка силосуемой массы, тем лучше она уплотняется. Оптимальный размер резки кукурузы 7-15 мм при влажности 65-70%, трав 20-40 мм при влажности 72-62%. С травами, имеющими содержание сухого вещества около 20%, достижение рН около 4,0 является нормальным при условии быстрого уплотнения и отсутствия проникно-

вения дождя. Слишком влажные травы трудно хорошо засилосовать, поэтому следует их подвялить при хорошей погоде или обработать консервантами.



Рисунок 26.1 - Уборка кукурузы на силос



Рисунок 26.2 - Заготовка кукурузного силоса в полиэтиленовых мешках

Для силосования используют разные силосохранилища – от пластиковых мешков до больших круглых башен из бетона, стали или наземных траншей. Хорошее измельчение и укладка силоса в пластиковые

мешки повысило сохранность и питательность силоса. Сейчас около 20-25% силосов делают этим методом, однако, все еще преобладают наземные силосные траншеи. Они состоят из твердых (плотных) стен до 2,5-3,5 м высотой с обвалкой до самого верха стен с внешней стороны грунтом, чтобы повысить их герметичность и защиту силоса от мороза и жары. Практикой доказана обязательность укрытия траншей двумя пленками, первая пленка – 0,04 мм, вторая более – 0,2 мм. Вторая пленка укрывает силосную наземную траншею вместе со стенками с внешней стороны. Она защищает силос от проклевывания птицами. Это предотвращает доступ воздуха и дождевых осадков внутрь с краев стенки (рис. 26.3). Сверху пленка придавливается автомобильными покрышками или соломенными тюками.



Рисунок 26.3 - Трамбовка и укрытие силоса (GEA Farm Technologies)

### **26.1. Роль растительных ферментов при силосовании**

Сразу после скашивания в силосуемой массе происходят химические изменения в результате активации энзимов, присутствующих в растительной ткани. Процессы дыхания и протеолиза наиболее существенны по действию на питательную ценность силоса.

**Дыхание.** Дыхание означает окислительный распад органических веществ для производства энергии в атмосфере воздуха. Углеводы – основной источник дыхания и окисления – это, как правило, гексозный сахар (глюкоза и фруктоза), который подвергается гликолизу и последующей оксидации в цикле трикарбоновых кислот до углекислоты и воды. В скошенных растениях происходят биосинтетические реакции, в результате которых вся энергия гексоз превращается в тепло. В изолированном растении эта тепловая энергия будет уходить в атмосферу, а в силосных емкостях тепло накапливается в силосной массе, вызывая повышение ее температуры. Потеря растворимых сахаров при дыхании (респирации) вредно сказывается на силосовании (ферментации) и при-

водит к плохим результатам. Дыхание растения будет продолжаться в хранилище пока имеется кислород и субстрат (сахар). Ключевой способ прекращения дыхания состоит в создании анаэробных условий при силосовании настолько быстро, насколько это возможно. Это достигается, если слой толщиной не более 30 см трамбуется за 10 мин.

**Протеолиз.** В свежей зеленой массе 75-90% общего азота присутствует в виде белка. После уборки происходит быстрый протеолиз (гидролиз пептидных связей) под действием протеолитических ферментов, присутствующих в клетках силосуемых растений. После нескольких дней провяливания в поле содержание белка может снизиться на 30%. Размер деградации белка варьирует в зависимости от вида растений, содержания СВ и температуры. Протеолиз продолжается и в засилосованном материале, однако, его активность уменьшается по мере снижения рН. Продукты протеолиза – аминокислоты и пептиды разной длины. Дальнейшее разрушение аминокислот происходит в значительно большей мере под действием микробных, а не растительных энзимов.

## 26.2. Виды микроорганизмов и их роль в силосовании

Аэробные грибы и бактерии являются доминирующими микроорганизмами в свежей силосуемой массе, однако, в анаэробных условиях в силосе их заменяют бактерии, способные размножаться при отсутствии кислорода. Они включают молочнокислые бактерии, клостридии и энтеробактерии.

**Молочнокислые бактерии.** Молочнокислые бактерии, которые являются факультативными анаэробами (способны расти в присутствии или отсутствии кислорода), обычно присутствуют на растущих культурах в небольшом количестве, однако, быстро размножаются после скашивания, в особенности при выделении сока, когда культуры измельчены или плющатся. Их можно разделить на две категории: гомоферментативные бактерии (*Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus pentosaceus* и *Enterococcus faecalis*) и гетероферментативные бактерии (*Lactobacillus brevis* и *Leuconostoc mesenteroides*). Когда масса силосуется, молочнокислые бактерии продолжают размножаться, ферментируя водорастворимые углеводы в культуре до органических кислот, главным образом, молочной, которая снижает величину рН. Гомоферментативные молочнокислые бактерии являются более эффективными при производстве молочной кислоты из гексозных сахаров, чем гетероферментативные организмы (см. табл. 26.1). Во время силосования происходит также некоторый гидролиз гемицеллюлозы, освобождающий пентозы, которые ферментируются до молочной и уксусной кислот большинством типов молочнокислых бактерий.

**Клостридия.** Клостридия присутствует на растениях, однако, главным их источником в силосе является загрязнение его почвой. Они

находятся в форме спор и прорастают в строго анаэробных условиях. Их можно разделить на две основные группы: сахаролитические клостридии и протеолитические клостридии. Сахаролитические бактерии (например, *Clostridium butyricum* и *Clostridium tyrobutyricum*) ферментируют молочную кислоту и остаточные водорастворимые углеводы до масляной кислоты, увеличивая при этом pH. Протеолитические клостридии (*Clostridium bif fermentans* и *Clostridium sporogenes*) ферментируют, главным образом, аминокислоты до разных продуктов, включая уксусную и масляную кислоты, амины и аммиак (табл. 26.1). Клостридия лучше всего растет при pH 7,0-7,4, она не переносит кислую среду, а при pH 4,2 ее рост подавляется. Вид кислот, ответственных за понижение pH, является важным, при этом недиссоциированные органические кислоты считаются наиболее сильными. Клостридия чувствительна к потреблению воды и требует очень сырых условий для активного роста. При очень сырой массе (т.е. с концентрацией СВ 15% и воды 85%) даже при достижении pH ниже 4 их активность не может быть подавлена.

Таблица 26.1 – Ферментативные процессы при силосовании

---

### **Молочнокислые бактерии**

*Гомоферментативные процессы:*

Глюкоза → 2 молочная к-та

Фруктоза → 2 молочная к-та

Пентоза → молочная к-та + уксусная к-та

*Гетероферментативные процессы:*

Глюкоза → молочная к-та + этанол + CO<sub>2</sub>

3 фруктоза → молочная к-та + 2 маннитол + уксусная к-та + CO<sub>2</sub>

Пентоза → молочная к-та + уксусная к-та

### **Клостридия**

*Сахаролитические процессы*

2 Молочная к-та → масляная к-та + 2 CO<sub>2</sub> + 2 H<sub>2</sub>

*Протеолитические процессы:*

*Дезаминирование*

Глютаминовая к-та → уксусная к-та + пировиноградная к-та + NH<sub>3</sub>

Лизин → уксусная к-та + масляная к-та + 2 NH<sub>3</sub>

*Декарбоксилирование*

Аргинин → путресцин + CO<sub>2</sub>

Глютаминовая к-та → γ-аминомасляная к-та + CO<sub>2</sub>

Гистидин → гистамин + CO<sub>2</sub>

Лизин → кадаверин + CO<sub>2</sub>

*Процессы окисления/восстановления*

Аланин + 2 глицин → 3 уксусная к-та + 3 NH<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub>

### **Энтеробактерии**

Глюкоза → уксусная к-та + этанол + 2 CO<sub>2</sub> + 2 H<sub>2</sub>

---

Рост клостридий резко подавляется, если содержание сухого вещества в силосуемой массе достигает 30%, но полное подавление, по-видимому, происходит при 40% СВ. Клостридия может быть вредной для здоровья животных, потребляющих зараженный ею силос.

**Листерия.** Силос с низким содержанием сухого вещества, загрязненный почвой, может содержать бактерии *Listeria monocytogenes*, известные как вызывающие несколько заболеваний, таких как менингоэнцефалит, воспаление сосудистой оболочки глазного яблока, гнойное воспаление плаценты с последующим абортацией у коров. Гибель жвачных животных, главным образом, овец на силосном рационе происходит по причине листериозиса. Менингоэнцефалит (Meningoencephalitis), аборты и смертельное заражение крови жеребят связаны с инфекцией *L. monocytogenes*. Большие силосные кипы особенно рискованы в связи с их большой площадью поверхности относительно объема и, следовательно, повышенной подверженностью действию воздуха и поражению плесенью.

**Энтеробактерии.** Энтеробактерии ассоциируются с силосом и описываются как «уксуснокислые» бактерии или бактерии колиформ (*coli*), обычно присутствуют на растениях в небольшом количестве. В отличие от клостридии они являются факультативными анаэробами и, следовательно, конкурируют с молочнокислыми бактериями за водорастворимые сахара. Они ферментируют их до смеси продуктов, включая уксусную кислоту, этанол и водород. Подобно клостридии они могут декарбоксилировать и дезаминировать аминокислоты с образованием высокой концентрации аммиака. Оптимум pH для роста этих бактерий около 7,0, и они обычно активны только на ранней стадии ферментации, пока pH благоприятен для их роста. Примерами видов энтеробактерий, найденных в силосе, являются *Escherichia coli* и *Erwinia herbicola*.

**Виды бацилл.** Эти виды являются широко распространенными загрязнителями скошенных трав, но их рост в хорошо заготовленном силосе сдерживается образованием молочной кислоты. Однако они избивают в силосе, который подвергается воздействию воздуха. Аборты у коров вызываются потреблением силоса, зараженного бактериями *Bacillus lichiniformis*.

**Грибы (плесени).** Грибы (микроскопические), которые присутствуют в почве и на растениях, растут или как одинокие клетки, или как многоклеточные колонии, плесени. Дрожжи, присутствующие в силосах включают виды *Candida*, *Saccharomyces* и *Torulopsis*. Они играют особо важную роль в заражении силоса, когда он подвержен воздействию воздуха.

Большинство плесеней являются абсолютными аэробами и активируются в верхних слоях силоса. Многочисленные виды были выделе-

ны из разных типов силоса, когда происходило аэробное разрушение. Многие из них способны выделять микотоксины. Несколько из микотоксиногенных грибов, обнаруженных в силосе, вместе с их микотоксинами показаны в таблице 26.2.

Таблица 26.2 – Некоторые грибы и их микотоксины, обнаруженные в силосе

Грибы (плесени)	Микотоксины
<i>Penicillium roqueforti</i>	Роуефортин А, В и С; PR токсин; микрофинольная кислота, пеницилловая кислота.
<i>Byssochlamys nivea</i>	Патулин
<i>Paecilomyces viriotii</i>	Патулин
<i>Aspergillus clavatus</i>	Патулин; цитоханазин Е; Триптохинолины.
<i>Aspergillus fumigatus</i>	Фумиклавины А и С; фумитоксины А,В и С; гликотоксин, несколько треморгенов
<i>Aspergillus flavus</i>	Афлатоксины; циклопиазоновая кислота
<i>Fusarium culmorum</i>	Диоксиниваленол; Т2 токсин; НТ-токсин; зеараленон
<i>Fusarium crookwellense</i>	Зеараленон

Было относительно мало случаев, когда микотоксины определенно установлены как причина заболевания животных, поедавших силос, или людей, державших его в руках. Частично это могло быть из-за способности рубцовых микробов метаболизировать часть токсинов, как в случае с зеараленоном, охратоксином и некоторыми трихотеценами. Кроме того, жвачные, по-видимому, способны метаболизировать потребленные трихотецены с хорошей эффективностью. Доказать вредное действие грибов при болезни на субклиническом уровне трудно. Доказано вредное влияние действий микотоксинов на фертильность, иммунную и нервную системы в результате продолжительного их воздействия на организм животных. Возможность вредного действия на животных, поедающих испорченный силос, и работников, державших его, существует, как и опасность переноса токсинов в цепи – пища для человека. Силос, подвергнутый аэробной порче плесенью нельзя давать животным, и работники, бравшие его в руки, должны проявлять осторожность.

Создание хорошего уплотнения в процессе силосования и прекращение доступа воздуха в процессе хранения снижает аэробное поражение до минимума. Однако это бывает проблемой с силосом, приготовленным в пластиковой упаковке, когда разрывы в пленке могут быть причиной поражения большой поверхности. Птицы могут нарушать

пленку, а **наличие сетки** над тюками и мешками с силосом помогает ее сохранить.

Большинство случаев порчи происходит после открытия силосных хранилищ и во время кормления. Поэтому важно ограничить доступ воздуха к открытой поверхности силоса в случае траншейных хранилищ. В этом плане уменьшение ширины открытой поверхности и увеличение скорости использования силосов будут важными факторами, которые надо принимать во внимание для сохранения качества силоса.

### **26.3. Потери питательных веществ при силосовании**

**Полевые потери.** У скошенных и силосуемых в тот же самый день трав, и даже у провяленных в течение 24 ч, потери сухого вещества будут не более 1 или 2%. При провяливании в течение более, чем 24 ч, потери питательных веществ зависят от погодных условий. Потери сухого вещества достигают 6% после 3 сут и 10% после 5 сут провяливания в поле. Потери происходят, главным образом, за счет водорастворимых углеводов и белков, которые гидролизуются до аминокислот.

**Потери сухого вещества в результате окисления.** Эти потери обусловлены действием растительных и микробных энзимов на такие субстраты, как сахара в присутствии кислорода с образованием углекислоты и воды в цикле Кребса. При быстром заполнении и укрытии силосуемой массы кислород, удерживаемый внутри растительных тканей незначительно влияет на потери питательных веществ (примерно около 1%). Продолжительное предоставление массы кислороду, которое иногда происходит на краях и верхней поверхности силосуемой массы, приводит к образованию несъедобного корма. Представление о потерях в виде поверхностных отходов может быть обманчивым, поскольку потери сухого вещества до 75% происходят при их образовании, а видимые потери являются лишь небольшой частью испорченного силоса.

**Ферментативные потери.** Значительные биохимические изменения, которые происходят с растворимыми сахарами и белками в результате ферментации, общие потери сухого вещества и энергии в результате деятельности молочнокислых бактерий - небольшие. При хорошем качестве силоса потери находятся в пределах 5- 6%.

При клостридиальной и энтеробактериальной ферментации потери питательных веществ намного выше, чем при молочнокислой бактериальной ферментации, и достигают 18% в результате образования газов –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{NH}_3$ .

**Потери от вытекания.** В большинстве силосных емкостей происходит свободное вытекание сока, с которым выносятся растворенные питательные вещества. Количество потока в значительной степени зависит от влажности силосуемой массы. Вытекающий сок содержит са-

хара, растворимые азотсодержащие вещества, минералы и ферментированные кислоты, все они являются ценными питательными веществами. Силосуемые культуры при содержании 15% сухого вещества могут приводить к потере 10% питательных веществ в стоке жидкости. При содержании 30% СВ имеют место незначительные потери или их отсутствие.

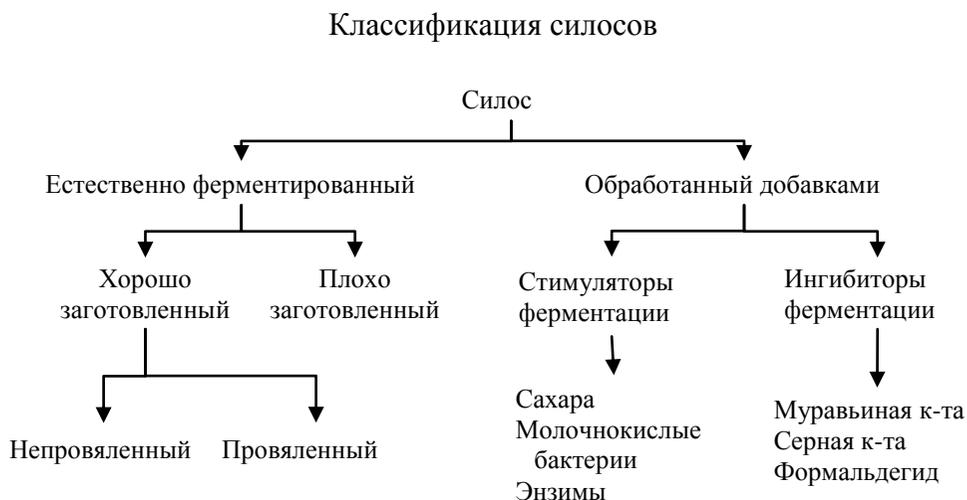
**Потери при выемке силоса.** Даже при правильном срезе силоса, его промежуточное хранение на воздухе вызывает значительные потери питательных веществ (табл. 26.3).

Таблица 26.3 – Влияние «промежуточного» хранения силосной массы

Взятие пробы	7:00	13:00	19:00	7:00 (след.день)	19:00
Срок хранения, ч	0	6	12	24	36
Концентрация энергии, МДж/кг СВ	10,6	10,2	9,7	9,2	8,7
Суточное потребление силоса, кг СВ	11,1	10,4	9,8	9,1	8,8
Образование молока, кг	11,5	9,2	7,0	4,9	3,6

## 26.4. Классификация силосов

Силоса могут быть классифицированы в две главные категории: натурально ферментированные и обработанные добавками. Далее их можно подразделить как указано на схеме:



### Естественно ферментированный силос

**Хорошо заготовленный непроявленный силос.** В этих типах силоса, обычно заготавливаемых из трав и ценных зерновых культур, молочнокислые бактерии доминируют. Типичный состав в таблице 26.4.

Эти типы силоса характеризуются низкой величиной рН (обычно между 3,7 и 4,2), имеют высокую концентрацию молочной кислоты. В травяных силосах содержание молочной кислоты находится в пределах 80-120 г на 1 кг СВ, хотя более высокие количества могут быть, если силос сделан из сырых культур, богатых водорастворимыми углеводами. В кукурузном силосе содержание молочной кислоты обычно ниже, чем в силосе из хорошо заготовленных трав, из-за более высокого содержания СВ и более низких буферных свойств кукурузы.

Силос обычно содержит мало уксусной кислоты, следы пропионовой и масляной кислот. Присутствует некоторое количество этанола и маннитола, производимых в результате активности молочнокислых бактерий и дрожжей. Очень мало водорастворимых углеводов остается после ферментации, обычно, менее 20 г в 1 кг СВ.

Таблица 26.4 – Типичный состав хорошо заготовленных силосов из пастбищного райграса и кукурузы (Donaldson and Edwards R. A., 1976)

Показатель	Травяной силос		Кукурузный силос
	Непроявленный	Проявленный	
Сухое вещество, %	18,6	31,6	28,5
рН	3,9	4,2	3,9
Общий N, г/кг СВ	23,0	22,8	15,0
Белковый N, г/кг общ. N	235	289	545
Аммонийный N, г/кг общ. N	78	79	63
ВРУ, г/кг СВ	10	47	16
Крахмал, г/кг СВ	-	-	206
Уксусная к-та, г/кг СВ	36	24	26
Масляная к-та, г/кг СВ	1,4	0,6	0,0
Молочная к-та, г/кг СВ	102	59	53
Этанол, г/кг СВ	12	6,4	< 10

\*ВРУ – водорастворимые углеводы (заимствовано у Mc Donald et al., 2002).

Азотсодержащие компоненты хорошо заготовленного силоса, находятся, в основном, в виде растворимых небелковых веществ в противоположность к азотсодержащим веществам в свежей массе, где большинство азота находится в виде белка. Дезаминирование аминокислот происходит в процессе ферментации, однако, эта активность является низкой и, следовательно, содержание аммиака в этих силосах будет также низким (обычно менее, чем 100 г аммиачного N на 1 кг общего N).

В результате интенсивных изменений фракции водорастворимых углеводов, приводящих к образованию высокоэнергетического этанола (валовая энергия = 29,8 МДж/кг), концентрация ОЭ этих силосов более высокая, чем исходного материала.

**Хорошо заготовленный силос из проявленных материалов.** Проявление зеленой массы перед силосованием ограничивает ферментацию по мере увеличения содержания сухого вещества. В таких

проявленных силосах клостридиальная и энтеробактериальная активности являются минимальными, несмотря на происходящий некоторый рост молочнокислых бактерий, даже у растительной массы, проявленной до 50% сухого вещества. При такой сухости получают сенаж. При очень сухой массе создание анаэробных условий в траншейных хранилищах затруднено, поэтому башенные хранилища предпочтительнее из-за меньшего риска проникновения воздуха. Для хранилищ траншейного типа целесообразно проявлять травяное сырье до содержания сухого вещества 28-32% (табл. 26.4). В целом, ферментация ограничивается по мере повышения содержания сухого вещества, что выражается в более высоком рН и более низком количестве ферментационных кислот. Проявление не предотвращает гидролиз белка, но если это делают быстро при хорошей погоде, то дезаминирование аминокислот будет незначительным, а валовая энергия корма будет близкой к таковой исходного материала. Потери аминокислот в силосе из проявленной массы снижаются (табл. 26.5).

Таблица 26.5 – Влияние проявления и силосования люцерны на аминокислотный состав белка, г/100 г сырого белка

Аминокислота	Люцерна						
	Целое растение свежее (контроль)	Проявленное 29% СВ	Силосование	Проявленное 40% СВ	Силосование	Проявленное 60% СВ	Силосование
Сырой белок, % СВ	19,0	18,2	21,1	21,5	20,3	19,2	19,5
Лизин	4,7	4,6	1,1	3,6	2,5	4,1	3,2
Гистидин	1,6	1,4	0,4	1,2	0,6	1,1	1,3
Аргинин	4,3	4,5	1,2	3,4	3,7	4,1	4,5
Аспарк. к-та	10,7	10,1	2,8	8,1	6,8	8,3	9,4
Треонин	4,1	4,2	1,3	3,2	2,9	3,7	4,0
Серин	4,3	4,1	1,4	3,2	2,7	3,4	3,8
Глют. к-та	8,7	9,5	2,8	8,1	8,8	11,9	13,3
Пролин	3,9	3,7	2,6	2,9	3,1	3,0	3,4
Глицин	4,3	3,9	7,6	3,0	4,6	3,1	3,8
Аланин	5,2	4,9	4,8	4,4	5,1	5,2	5,2
Валин	3,8	4,0	1,8	2,8	2,7	2,6	2,6
Метионин	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3
Изолейцин	3,5	3,4	2,5	2,7	2,2	2,7	2,1
Лейцин	7,0	6,3	3,7	5,6	4,7	5,3	4,8
Фенилаланин	4,3	4,2	2,3	3,3	3,3	3,6	3,9



Рисунок 26.4 - Правильно заготовленный силос, правильная его выемка

### 26.5. Действие стадии созревания на качество кукурузного силоса

По мере созревания кукурузы снижается содержание сырой клетчатки и НСУ, что объясняется увеличением доли зерна в целом растении (табл. 26.6.). Переваримость валовой энергии, сырого белка остается довольно стабильной. В целом же, потребление и переваримость были наилучшими у силоса, заготовленного в фазу молочно-восковой спелости кукурузы.

Таблица 26.6 – Влияние стадии зрелости кукурузы на состав и питательность силоса

Показатель	Фаза спелости			
	Молочная	Молочно-восковая	Начало восковой	Восковая
Сухое вещество, %	24	27	32	39
Сырой белок, % СВ	8	7,7	7,8	8,0
Сырая клетчатка, % СВ	24,0	20,9	17,8	16,6
НСУ, % СВ	58,4	62,9	65,9	68,3
Потребление СВ силоса, % ж.м.	1,66	2,02	1,90	1,71
Переваримость ВЭ, %	67,7	68,1	65,7	65,0
Переваримость СВ, %	53,7	53,9	53,8	54,6
Баланс энергии, МДж/д	8,21	13,74	12,00	9,79

**Плохо заготовленный силос.** Термин «плохо приготовленный силос» относится к силосу, в котором в ферментации доминируют или клостридии или энтеробактерии, или оба вида. Это силос, испорченный в результате окисления. Такой аэробно пораженный силос токсичен и не

должен скармливаться животным. Плохой силос получается из культур, которые плохо силосуются из-за очень низкого содержания водорастворимых сахаров или из-за слишком влажной массы. Он может также получаться, если силосуемый материал слабо осеменен молочнокислыми бактериями. Состав двух видов типично плохо заготовленных силосов из овсяницы луговой и люцерны с низким содержанием СВ и водорастворимых углеводов показан в таблице 26.7.

Таблица 26.7 – Состав плохо приготовленного силоса из овсяницы луговой и люцерны (McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E., 1991)

Показатель	Овсяница луговая	Люцерна
pH	5,4	7,0
СВ, %	16,2	13,1
Общ. N, г/кг СВ	37	46
Белков. N, г/кг общ. N	302	260
Аммонийный N, г/кг общ. N	323	292
ВРУ, г/кг СВ	4	следы
Уксусная к-та, г/кг СВ	37	114
Масляная к-та, г/кг СВ	36	8
Молочная к-та, г/кг СВ	1	13

В целом силос этого типа характеризуется высоким pH, обычно в пределах от 5,0 до 7,0. Главные ферментационные кислоты – это уксусная или масляная. Молочная кислота и остаточные водорастворимые углеводы присутствуют в низких концентрациях или отсутствуют.

Уровень аммонийного N обычно около 200 г на 1 кг общего азота. Этот аммоний, образуемый в результате катаболизма аминокислот, сопровождается образованием вредных продуктов, таких как амины, кетокислоты и жирные кислоты.



Рисунок 26.5 - Плохо заготовленный силос, плохая его выемка

## 26.6. Закваски и консерванты для силосования

Силосные добавки можно разделить на две главные группы: а) стимуляторы ферментации, богатые сахаром, такие как свекловичная патока, бактериальные инокулянты и энзимы, которые усиливают молочнокислое брожение, и б) ингибиторы ферментации (консерванты), такие как формалин, органические кислоты, которые частично или полностью подавляют рост микробов.

**Стимуляторы ферментации.** Меласса (свекловичная патока), которая является побочным продуктом сахарной промышленности, служит эффективной добавкой в силос в качестве источника сахара, необходимого для жизнедеятельности молочнокислых бактерий. В мелассе содержится 700 г водорастворимых углеводов в кг СВ, ее добавка усиливает образование молочной кислоты, снижает рН и уровень аммиака в силосе.

### Бактериальные закваски

Бытует мнение, что естественно обитающие молочнокислые бактериальные популяции на силосуемой массе в количественном отношении достаточны, чтобы гарантировать удовлетворительную ферментацию. Однако сейчас известно, что растения часто являются плохими источниками молочнокислых бактерий, а некоторые виды микробов, обитающие на растениях, являются неблагоприятными для силосования. Ряд коммерческих инокулянтов, представляющих собой живые лиофилизированные культуры гомоферментативных молочнокислых бактерий, при добавке в силосуемую массу эффективно улучшают ферментацию и качество силоса. Эффективность инокулянтов зависит от ряда факторов: бактериальной концентрации инокуляции (минимум  $10^5$  бактерий на 1 г свежей культуры) и достаточного количества ферментирующихся углеводов. Быстрое развитие ферментации с помощью гомомолочных бактерий гарантирует эффективное использование водорастворимых углеводов, и даже, когда их уровень предельный, обеспечивает получение силоса высокого качества. Полезное действие гомоферментативных видов молочнокислых бактерий на ферментацию силосового райграса показано в таблице 26.8.

При сравнении с необработанным контрольным силосом инокулированный материал имел более низкий рН, более высокую концентрацию водорастворимых углеводов, молочной кислоты и содержание обменной энергии.

Сегодня некоторые коммерческие силосные добавки содержат энзимы вместе с молочнокислыми бактериями. Энзимами обычно бывают целлюлазы и гемицеллюлазы, которые расщепляют клеточные

стенки растений, освобождая, таким образом, сахара, которые становятся доступными для ферментации молочнокислыми бактериями. Энзимы наиболее эффективны, когда добавляются в молодую по вегетации силосную массу при низком содержании сухого вещества.

Таблица 26.8 – Состав и питательная ценность травяных силосов, инокулированных молочнокислыми бактериями в сравнении с необработанным контролем в опыте на овцах (Henderson et al., 1986)

Показатель	Контроль неинокулир.	Инокулированный*
СВ, г/кг	168	181
pH	4,6	4,1
Общ. N, г/кг СВ	33	32
NH <sub>3</sub> -N, г/кг общ. N	130	88
Белковый N, г/кг общ. N	386	407
ВРУ, г/кг СВ*	0	20
Уксусная к-та, г/кг СВ	46	30
Масляная к-та, г/кг СВ	5	5
Молочная к-та, г/кг СВ	59	84
Этанол, г/кг СВ	13	7
Переваримость СВ	0,74	0,77
ОЭ, МДж/кг СВ	11,4	12,5
Потребление силоса, г СВ/день	681	792
Прирост ж.м., г/день	71	129

\* ВРУ – водорастворимые углеводы.

**Ингибиторы ферментации (консерванты).** Большое количество химических веществ испытано в качестве потенциальных ингибиторов ферментации. Одной из ранних была смесь минеральных кислот, предложенная А. И. Виртаненом (A. I. Virtanen), и эта технология называется AIV-процесс. Кислоты (обычно соляная и серная) добавлялись в силосную массу в процессе силосования в таком количестве, чтобы снизить pH до 4,0. Эта технология была очень популярна в Скандинавских странах, так как она очень эффективно действовала на сохранение питательных веществ. В последние годы муравьиная кислота заменила минеральные кислоты, как менее коррозивная. Этот способ применяется во многих странах. В качестве консерванта применяется также водный раствор муравьинокислого аммония (тетрафолат). Рекомендуется его вносить от 2,5 до 5 л на 1 т свежей силосуемой массы, в зависимости от содержания СВ, при этом полного подавления роста микробов не происходит, некоторая молочнокислая ферментация имеет место. Полезное действие муравьиной кислоты на ферментационные показатели массы с низким содержанием водорастворимых сахаров, таких как бобовые и травы, показано в таблице 26.9.

Таблица 26.9 – Состав и питательная ценность силоса из бобовых трав, обработанных муравьиной кислотой

Показатели	Контроль	Муравьиная к-та
СВ, г/кг	181	184
рН	3,8	3,7
Общ. N, г/кг СВ	27	23
Белковый N, г/кг общ. N	400	490
NH <sub>3</sub> -N, г/кг общ. N	65	49
ВРУ, г/ кг СВ *	7	84
Уксусная к-та, г/кг СВ	34	15
Масляная к-та, г/кг СВ	0,02	0,03
Молочная к-та, г/кг СВ	98	44
Этанол, г/кг СВ	7	9
Коэффициент переваримости СВ	0,74	0,74
ОЭ, МДж/кг СВ	12,1	11,3
Потребление силоса (овцы), г СВ на 1ц	1020	1106
Ср.сут. прирост ж.м., г/день	200	231

\* ВРУ – водорастворимые углеводы (Henderson and oth., 1986)

## 26.7. Энергетическая ценность силоса

**Валовая энергия.** При силосовании образуются высокоэнергетические вещества, которые способствуют повышению валовой энергии силоса в сравнении с энергией материалов, из которых его приготовили. Размер увеличения зависит от степени ферментации, происходящей во время силосования, и составляет от 4 до 9%.

**Обменная энергия.** Потери энергии с калом при кормлении силосом составляют от 25 до 35% и зависят от вида силосуемого материала. Когда предварительное провяливание является продолжительным, а это чаще всего бывает при плохой погоде, переваримость силоса ухудшается.

Потери энергии в моче на силосном рационе изменчивы от 3 до 7% ВЭ. Для большинства силосов в среднем 5%. При потреблении силоса в рубце резко возрастает содержание аммиака. Считается, когда концентрация NH<sub>3</sub> превышает 150 мг/л, животные не могут полностью использовать этот азот и его избыток теряется с мочой. Поэтому важно вместе с силосом скармливать другие корма. Потеря энергии с метаном на силосных рационах составляет 7,7% от ВЭ.

С целью повышения энергетической ценности силоса проведены опыты по влиянию высоты среза растений кукурузы на силос. Повышение высоты среза до 40 см, вместо традиционной высоты 15 см, снижало содержание клетчатки в силосной массе, повышало переваримость и энергетическую ценность сухого вещества. Однако, общий выход массы с единицы площади и общая продукция молока не дали точного ответа о

преимущество высокого среза, чтобы рекомендовать его для внедрения в уборочной практике.

Использование вальцовой плющилки, установленной на силосоуборочном комбайне после ножей с целью травмирования зерна при уборке кукурузы (слишком много зерен проходит у животных неперева- ренными), удалось существенно улучшить переваримость зерновой и стеблевой частей силоса. При этом самая высокая переваримость сухого вещества, белка, клетчатки, крахмала и молочная продуктивность коров отмечена при длине резки силоса 2,54 см и расстоянии между вальцами 2 мм.

Важнейшим направлением в повышении питательности силосов из трав и зерновых культур является снижение концентрации лигнина селекционными методами. В нашей стране и за рубежом получены мутантные формы кукурузы и сорго с пониженным на 30-48% содержанием лигнина в листостебельной массе. Ген пониженного лигнина называется «коричневая жилка листа» (brown mid-rib). Испытания силоса из низколигниновой кукурузы на разных животных показали его более высокую питательную ценность по сравнению с силосом из обычной кукурузы (табл. 26.10). Однако внедрение в производство мутантной формы пока сдерживается несколько пониженной урожайностью и более высоким полеганием растений.

Таблица 26.10 – Эффективность силоса низколигниновой кукурузы при откорме бычков черно-пестрой породы (В. Г. Рядчиков и др., 1988)

Показатель	Обычная кукуруза	Низколигниновая кукуруза
Состав, % СВ		
Лигнин	7,42	5,96
Сырой белок	7,25	7,53
Сырая клетчатка	28,2	27,4
БЭВ	52,8	54,2
pH	3,69	3,67
Коэффициенты переваримости, %:		
сухое вещество	72,6	78,3
сырая клетчатка	78,5	84,9
сырой белок	73,2	75,8
Среднесуточный прирост ж.м., кг	0,854±0,07	0,990±0,08

## 26.8. Сенаж

Сенаж – корм из трав, провяленных до влажности 55% и ниже, заготавливаемый в анаэробных (без доступа воздуха) условиях. Консервирование сенажа достигается в результате недостаточного содержания воды в провяленных растениях для большей части бактерий. В провяленной до указанной влажности массе плохо развиваются гнилостные и

маслянокислые бактерии. Сильно замедляется также деятельность молочнокислых бактерий, вследствие чего молочнокислое брожение при сенажировании в сравнении с силосованием протекает менее интенсивно, корм подкисляется в меньшей степени. Тем не менее из кислот в сенаже в основном образуется молочная кислота – 78-95% от суммы всех кислот. На сенажной массе могут развиваться лишь плесневые грибы, это развитие можно предотвратить тщательной изоляцией массы от воздуха. Без доступа воздуха прекращается также дыхание растительных клеток и устраняется возможность развития термофильных бактерий, вызывающих нагревание массы.

Сенаж высокого качества из многолетних трав можно получить лишь при уборке в ранние фазы вегетации (табл. 26.11). Чтобы получить сенаж питательностью в пределах 10 МДж ОЭ в 1 кг сухого вещества, уборку злаковых трав первого укоса рекомендуется заканчивать в фазе полного колошения, бобовых – в начале цветения.

Таблица 26.11 – Питательность сенажа из многолетних трав первого укоса, убранных в разные фазы вегетации

Культура	Фаза вегетации при уборке	Содержание в 1 кг сухого вещества	
		МДж	Сырой белок, г
Клевер луговой	Начало бутонизации	9,7	189
	Бутонизация	9,0	164
	Цветение	7,5	130
Клевер луговой + тимофеевка луговая	Стебление клевера	10,5	184
	Бутонизация клевера	9,1	115
	Цветение клевера	7,1	86
Люцерна синяя (посевная)	Бутонизация	10,3	186
	Начало цветения	9,7	170
	Цветение	8,0	160
Ежа сборная	Выход в трубку	10,0	137
	Колошение	9,4	103
	Цветение	7,9	85

Технология приготовления сенажа несложная. В то же время необходимо строгое ее соблюдение для получения высококачественного корма. Травы на сенаж можно убирать только при благоприятных для проявлявания погодных условиях. Для скашивания используют валковые косилки, которые оборудованы аппаратом для плющения растений. Скорость проявлявания трав, скошенных валковыми косилками, зависит от размера валков и их объема. Для обеспечения более равномерной влагоотдачи проводят 1-2 раза в день ворошение валков. Когда средняя влажность проявленных трав снизится до 60-55%, приступают к их подбору, чтобы основное количество массы убрать при влажности 50-55%, которая считается оптимальной для сенажирования.

Подбор и измельчение проявленной массы проводят комбайнами, которые подают массу в транспорт под действием принудительного

воздушного потока. Хорошее уплотнение массы достигается при размере резки до 25 мм как при закладке сенажа в башни, так и в траншеи. Масса с резкой более 25 мм обладает высокой упругостью и плохо уплотняется.

Необходимым условием получения сенажа высокого качества является тщательная изоляция провяленной массы от воздуха при укладке и хранении. Это обуславливается действием газов, образующихся в процессе дыхания растительных клеток и жизнедеятельности микроорганизмов. Из газообменных продуктов в основном накапливается углекислый газ, который значительно тяжелее воздуха. Он быстро вытесняет воздух, содержащийся между измельченными частицами, и препятствует проникновению его в массу при хранении. Однако из верхних слоев углекислый газ под действием изменяющихся температур окружающего воздуха быстро улетучивается. Максимальное сохранение углекислого газа в массе во время заполнения хранилищ достигается интенсивной трамбовкой и укладкой ее слоем не менее 1 м в сутки в уплотненном виде.

С самого начала заполнения траншей массу уплотняют колесным и гусеничными тракторами. Однако уплотнением не устраняется нагревание массы, если она укладывается тонкими слоями. Траншеи с высотой стен 3 м заполняют в течение не более 3 сут, свыше 3 м – 4 сут. Показателем достаточного уплотнения служит температура массы, которая не должна превышать 37°C. При повышении температуры до 40°C интенсивность уплотнения увеличивают.

После заполнения хранилища массу немедленно укрывают двумя слоями синтетической пленки толщиной 0,15- 0,20 мм. Полог по всей поверхности массы прижимают грузом.

### **Технологическая схема приготовления сенажа**

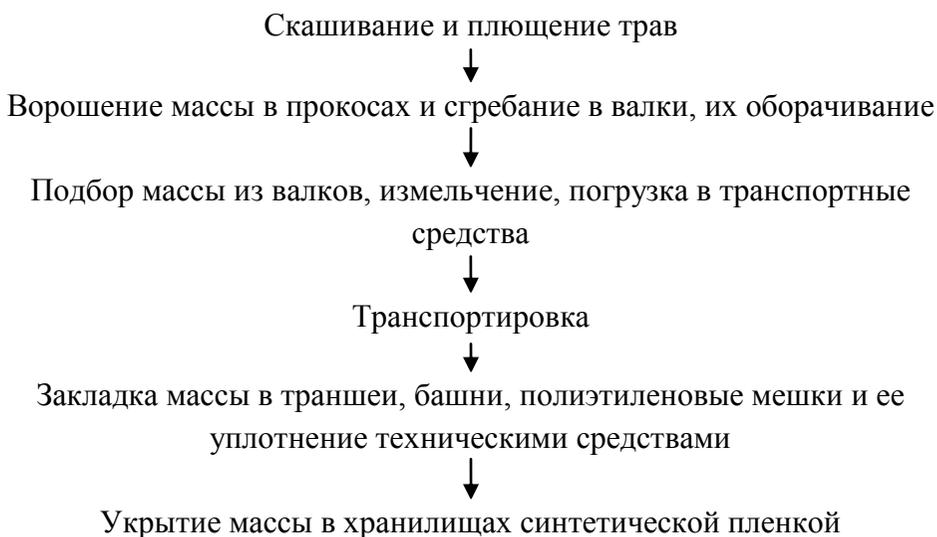




Рисунок 26.6 - Укрытие сенажных траншей (GEA Farm Technologies)

При определении выхода провяленной массы на сенаж необходимо вводить поправку на потери сухого вещества при провяливании, так как они часто имеют существенное значение. Фактические данные о расходе зеленой массы на приготовление 1 т сенажа, в зависимости от вида трав, их влажности и уровня провяливания, приведены в таблице 26.12.

Таблица 26.12 – Расход зеленой массы многолетних трав на приготовление 1 т сенажа, т

Влажность трав при скашивании, %	Злаковые травы			Бобово-злаковые смеси			Бобовые травы		
	Влажность при закладке, %								
	55	50	45	55	50	45	55	50	45
85-83	3,3	3,7	3,7	3,4	3,8	-	3,5	3,9	-
82-80	2,7	3,1	3,4	2,8	3,2	3,7	2,9	3,3	3,7
79-77	2,4	2,6	2,9	2,4	2,8	3,2	2,5	2,9	3,3
76-74	2,1	2,4	2,5	2,2	2,4	2,8	2,2	2,5	2,8
73-71	1,9	2,1	2,3	1,9	2,2	2,5	2,0	2,3	2,6

Количество готового сенажа устанавливают взвешиванием массы со скидкой 10% на потери при хранении в траншеях и башнях. Менее точно массу сенажа определяют по объемной массе (табл. 26.13).

Таблица 26.13 – Примерная масса 1 м<sup>3</sup> сенажа (по данным ВНИИ кормов и ВИЖ), кг

Культура	Влажность при закладке, %	В траншеях		В башнях БС-9,15
		с уплотнением тракторами типа Т-75	с уплотнением тракторами типа Т-130	
Многолетние злаковые травы	Около 50%	500	550	600
	55-60%	520	570	650
Клеверо-тимофеечная смесь	Около 60%	560	600	-
Люцерна	Около 50%	550	620	700
	55-60%	600	650	740
Вико-овсяная смесь	Около 50%	450	500	-
	Около 60%	500	550	-

## 26.9. Ошибки при заготовке сенажа

Основные ошибки, допускаемые при сенажировании и отрицательно влияющие на качество сенажной массы:

- травы скосили поздно – сенажирование затруднено, так как стебли растений загрубели и в них понижено содержание сахара;
- травы скосили слишком низко – опасность попадания в сенажную массу частичек земли, при этом развиваются маслянокислые бактерии;
- крупная резка – возникают трудности при трамбовке;
- пересохшее сырье – его трудно трамбовать, оптимальная влажность сырья должна составлять 45-65%;
- плохая трамбовка – в зеленой массе осталось много воздуха, идет разогревание и появляется плесень;
- плохое укрытие – в массу попадает снаружи кислород, из-за которого верхний слой сенажа оказывается испорченным;
- сенажное хранилище негерметично – может развиваться плесень;
- хранилище открыли рано – идет сильное разогревание сенажной массы, процесс сенажирования не закончился, консервирование не завершилось;
- при выемке сняли укрывающую пленку с большой поверхности – сенаж сильно разогревается из-за поступления кислорода в больших количествах;
- на поле было много сорняков – их трудно сенажировать;
- низкая производительность при заготовке – скошенная масса поглотила много тепла и снизилось количество сахара;
- растительная масса переувлажнена – заготовка сырья происходила в дождливую погоду.

### Проверочные вопросы:

1. Что такое силосованный корм?
2. Процессы ферментации при силосовании кормов (виды полезных микроорганизмов, требования к составу силосуемых культур, оптимальный pH силоса, содержание кислот – продуктов ферментации).
3. Какие изменения по содержанию углеводов, белка, аминокислот происходят в процессе силосования от свежей массы до готового силоса?
4. Вредные микроорганизмы и их действия на качество силоса, необходимые условия для предотвращения их развития.
5. Потери питательных веществ при силосовании, основные приемы снижения потерь.
6. Влияние стадии зрелости кукурузы на состав и питательность силоса.

7. Закваски и консерванты, их характеристика, способы использования, действие на качество силоса.
8. Стандарт качества кукурузного силоса.
9. Технология заготовки высококачественного сенажа. Стандарт качества сенажа.
10. Основные ошибки допускаемые при заготовки силоса и сенажа.

### Литература

1. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов: Научное издание / М. П. Кирилов, Н. Г. Первов, А. С. Аникин, В. Н. Виноградов, В. М. Дуборезов, В. В. Пузанова, В. М. Косолапов, И. Ф. Драганов, В. П. Дегтярев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 404 с.
2. Кормление животных. Учебник / Под ред. И. Ф. Драганова, Н. Г. Макарецца, В. В. Калашникова. В 2-х т. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2010. Т.1. – 341 с.; Т. 2. – 565 с.
3. Понедельченко М. Н. Рациональные способы заготовки и использования кормов / М. Н. Понедельченко, Г. С. Походня, В. И. Гудыменко. – Белгород: «Везелица», 2007. – 359 с.
4. Рядчиков В.Г., Захарова Н.В., Улетова Н.П. Силос из низколигниновой кукурузы для откорма бычков. Вестник с.-х. науки. 1981. №5. с.71-74.
5. Справочник по кормопроизводству. 3-издание, перераб. и дополн. Под ред. чл.-корр. РАСХН В. Г. Игловикова. Часть 1.– 219 с.; Часть 2. – 195 с. М.: 1993.
6. McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E. J.Sci. Food Agric., 1979,92:485-495.

## Глава 27. Зерновые корма

### Зерно злаковых культур

Название «зерновые злаки» дано от названия ботанического семейства Gramineae – злаки. В мировом производстве зерна 92% приходится на четыре культуры: кукурузу (600 млн т), рис (600 млн т), пшеницу (590 млн т) и ячмень (120 млн т). Зерно злаков является наиболее важным источником энергии и белка для человека и сельскохозяйственных животных. Хотя содержание белка и лизина в зерне злаков невысокое (10-12% и 0,25-0,35%), однако, в общей массе растительной продукции оно составляет 62% и 48% соответственно (табл. 27.1).

Таблица 27.1 – Доля отдельных продуктов в мировом производстве калорий, белка и лизина, %

Вид продукта	Калории	Белок (протеин)	Лизин
Зерно злаков	69,7	62,2	48,2
Зерно бобовых	1,8	4,2	7,0
Семена масличных, в т.ч. сои	12,5 6,9	26,8 17,3	36,7 27,1
Корнеклубни	5,6	3,1	4,1
Овощи и бахчи	2,7	2,7	2,9
Фрукты	2,0	1,0	1,1
Сахар	5,7	-	-
Итого	100	100	100

### 27.1. Состав зерна

**Крахмал.** Зерно злаков является естественным концентратом углеводов и, прежде всего, крахмала, который составляет 50-70% массы клеток эндосперма зерна (рис. 27.1).

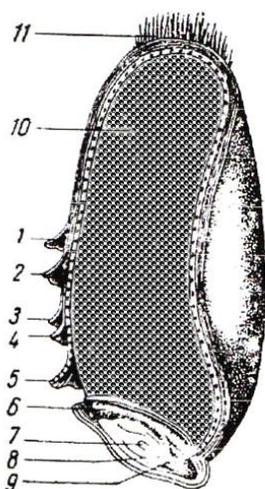


Рисунок 27.1 - Строение зерновки пшеницы: 1 и 2 – плодовые оболочки; 3 и 4 – семенные оболочки; 5 – алейроновый слой эндосперма; 6 – щиток; 7 – почечка; 8 – зародыш; 9 – зачаточные корешки; 10 – эндосперм; 11 – хохолок

Крахмал является смесью двух полисахаридов – 20-30% амилозы и 70-80% амилопектина. Амилоза – прямолинейный полисахарид, состоящий из 500-600 единиц глюкозы, соединенных с помощью  $\alpha$ -1 $\rightarrow$ 4-гликозидных связей. Молекула закручена в спираль, и некоторое количество жира может быть обнаружено в центре ее структуры. Амилопектин – сильно разветвленный полисахарид, состоящий примерно из 3 млн. молекул глюкозы, соединенных  $\alpha$ -1 $\rightarrow$ 4- и  $\alpha$ -1 $\rightarrow$ 6-гликозидными связями. Цепи макромолекул амилопектина формируются в двойную спираль (рис. 27.3).

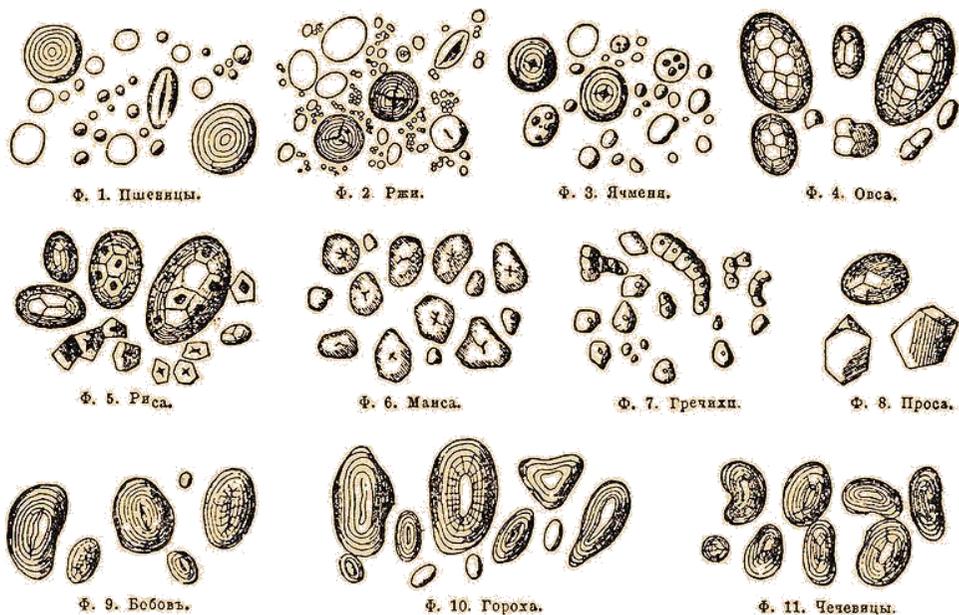


Рисунок 27.2 - Вид крахмальных гранул зерна злаковых и бобовых культур. Ф.1 Пшеницы. Ф. 2. Ржи. Ф. 3. Ячменя. Ф. 4. Овса. Ф. 5. Риса. Ф. 6. Маиса (кукурузы). Ф. 7. Гречихи. Ф. 8. Проса. Ф. 9. Бобов. Ф. 10. Гороха. Ф. 11. Чечевицы.

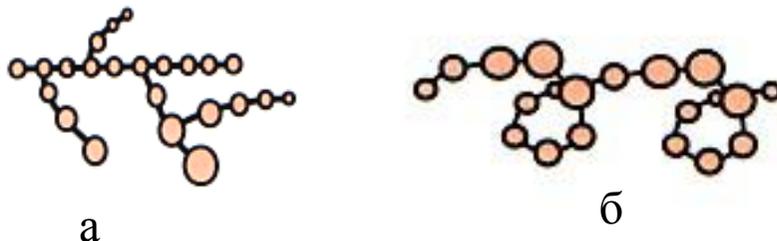


Рисунок 27.3 - Изображения части молекул: а – амилопектина, б – амилозы (кружочками обозначены молекулы глюкозы)

Крахмал в эндосперме образуется в виде гранул (рис. 27.4), которые имеют кристаллическую и аморфную зоны. Аморфные слои богаты амилопектиновыми разветвленными точками, в то время как кристаллические слои являются участками, где  $\alpha$ -1 $\rightarrow$ 4 связи разных амилопектиновых молекул становятся выстроенными в прямую цепь. Крахмал некоторых зерновых, например овса, пшеницы и ржи, помимо глюкозы имеет в своем эндосперме и стенках алейроновых клеток некоторое количество арабиноксиланов.

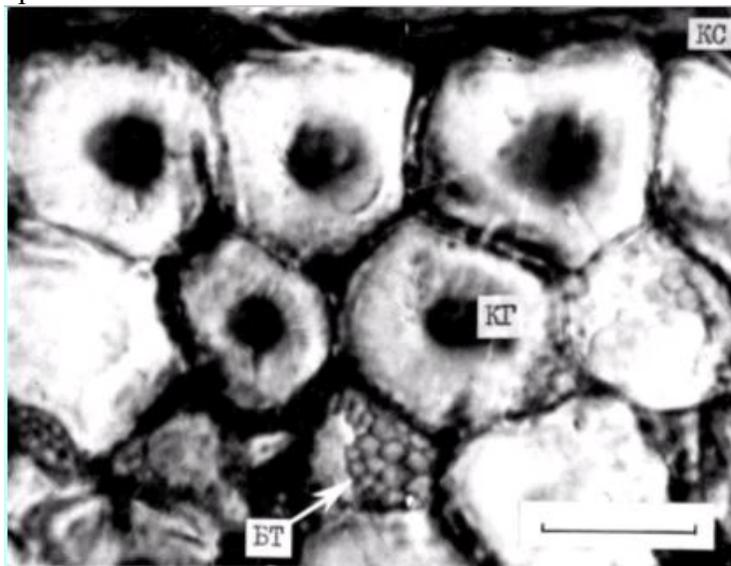


Рисунок 27.4 - Снимок среза клетки эндосперма кукурузы: КГ – крахмальные гранулы; БТ – белковые тела, состоящие из молекул зеина (электронный микроскоп, масштаб 20 мкм, по С. Филичкину, 1982)

## 27.2. Зерновые белки

Если рассматривать состав суммарных белков зерна злаковых культур по содержанию незаменимых аминокислот в сравнении с белком молока, можно отметить, что все они чрезвычайно **бедны лизином** (табл. 27.2). Белки бобовых культур – гороха и сои по уровню лизина близки к белку коровьего молока. Для белков злаков характерен также некоторый дефицит треонина. Кукуруза, просо и рис отличаются довольно высоким уровнем метионина. Однако метионина мало в белке пшеницы, сорго, овса и ржи. Семена бобовых особенно бедны серусодержащими аминокислотами, триптофаном. Между зерновыми имеются существенные различия по содержанию лейцина, изолейцина, аргинина.

## 27.3. Белковые фракции

Для познания факторов, слагающих аминокислотный фонд различных видов зерна, определенное значение имеют исследования по установлению фракционного состава суммарных белков.

Американский ученый 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%-ным раствором NaCl, 70%-ным водным спиртом и 0,1-0,2%-ным раствором NaOH, им были экстрагированы белковые фракции, названные, соответственно, альбуминами, глобулинами, проламинами и глютелинами. Эта техника принципиально не изменилась до наших дней, и невозможно перечислить огромное количество работ по фракционированию различных видов растительных объектов, выполненных осборновским методом, ставшим классическим.

Таблица 27.2 – Содержание незаменимых аминокислот в зерне злаковых и бобовых культур, г/100 г белка

Аминокислоты	Пшеница	Кукуруза	Сорго	Просо	Овес	Ячмень	Рис	Рожь	Горох	Соя	Коровье молоко
Аргинин	4,7	4,6	4,1	4,7	4,5	5,1	6,6	4,2	8,2	7,4	6,6
Гистидин	2,4	3,1	2,4	2,6	1,5	2,3	2,3	3,0	2,4	2,7	2,8
Лизин	2,8	2,5	2,5	2,2	3,2	3,6	3,8	3,3	7,5	6,5	7,8
Метионин	1,7	2,1	1,6	2,4	1,1	1,7	2,3	1,4	0,9	1,5	2,7
Триптофан	1,3	0,6	1,1	1,1	1,0	1,2	1,3	1,1	0,8	1,3	1,5
Валин	4,2	4,0	5,2	4,8	5,3	4,9	6,5	4,8	4,5	5,4	6,2
Изолейцин	3,4	3,3	3,9	3,9	2,8	3,5	4,3	3,1	3,8	4,6	5,6
Лейцин	6,9	11,2	12,7	9,6	5,0	7,2	8,5	5,4	6,5	7,9	9,7
Тирозин	2,7	3,0	2,5	3,1	3,1	2,7	4,9	3,3	3,5	3,8	3,0
Треонин	2,9	3,6	3,4	3,3	3,3	3,4	3,5	2,7	3,4	3,8	4,0
Фенилаланин	4,6	4,6	5,3	4,8	5,3	5,1	4,9	4,2	4,3	5,1	6,2
Сырой белок (% сухого вещества)	13,5	9,5	11,2	11,0	13,1	12,5	7,8	11,5	23,5	38,0	33,5

В настоящее время имеются и другие классификации белков: по степени электрофоретической подвижности, по расположению в клеточной структуре эндосперма, по функциональной характеристике и другим свойствам, все они, дополняя друг друга, расширяют наши познания о белках.

Альбумины и глобулины представлены в основном ферментами и структурными белками. Значительная часть этих белков локализована в зародыше и алейроновом слое. Они входят в состав мембран субклеточных органоидов зерна, образуют белки рибосом, митохондрий, эндоплазматического ретикулума. В сложных белках (нуклеопротеины, липопротеины, фосфопротеины и др.) белковая часть представлена альбуминами и глобулинами.

Проламинами и глютелинами относятся к запасным белкам, локализованы в эндосперме и не обладают ферментативной активностью. Они составляют наибольшую часть белков (до 80%). У бобовых запасные белки представлены главным образом солерастворимой фракцией (гло-

булинами). Высокое содержание проламинов характерно для зерна, сорго, кукурузы, твердой и мягкой пшеницы (табл. 27.3).

Таблица 27.3 – Содержание белковых фракций в зерне злаковых и бобовых культур (азот фракций в % от общего азота)

Культура	Альбумины	Глобулины	Проламины	Глютелины	Небелковый азот	Склеро – протеины (неизвлекаемые)
Пшеница	6,3	13,9	29,9	35,3	8,2	3,7
Рожь	34,4	12,1	19,3	14,4	7,9	11,6
Ячмень	6,1	7,2	18,0	45,8	4,5	18,0
Кукуруза	8,9	4,4	27,8	37,5	5,9	14,4
Сорго	4,9	6,1	47,1	29,0	4,8	7,3
Овес (без оболочки)	2,0	14,0	17,0	63,0	0,7	3,3
Соя	10,0	81,0	-	5,0	0,5	3,5
Горох	19,0	66,0	-	10,0	2,0	3,0

Наибольшей по величине фракцией в суммарном белке этих культур являются глютелины. Особенно высок уровень глютелинов в зерне пшеницы, ячменя, кукурузы, овса и сорго. Большинство злаковых культур мало содержат ценных по аминокислотному составу легкорастворимых белковых фракций – альбуминов и глобулинов, за исключением ржи и овса. На долю альбуминов ржи приходится 34,4% всего азотсодержащего комплекса. Высокое содержание глобулинов характерно для белков зерна овса и пшеницы.

Белки бобовых культур, в частности сои и гороха, представлены, главным образом, водорастворимой и солерастворимой фракциями. Ультрацентрифугированием установлено наличие в суммарном белке сои четырех глобулиновых компонентов 2S, 7S, 11S и 15S, причем компоненты 7S и 11S составляют около 70% всего белка, их молекулярная масса около 180-210 и 350 килодальтон соответственно.

Процентное соотношение белковых фракций, приведенное в таблице 27.3, в целом отражает характер белковой картины для каждого вида зерна. Тем не менее, эти величины не следует рассматривать как строго постоянные. На фракционный состав могут оказывать влияние сорт, агротехнические условия, климат и место выращивания.

Белковые фракции не являются гомогенными белками. Каждая из них (альбумины, глобулины и проламины) представляет собой сложную смесь отдельных белков, сходных по физико-химическим свойствам. Глютелины же являются белковыми полимерами, состоящими из субъединиц, связанных друг с другом посредством межмолекулярных дисульфидных мостиков. Поэтому каждую фракцию следует рассматривать как суммарный, многокомпонентный белковый комплекс.

Склеропротеины, которые называют также белками стромы или белками остатка, в значительном количестве содержатся в оболочках, периферических слоях зерна. Белки, входящие в этот класс, весьма прочно соединены с лигнино-полисахаридными комплексами и выпол-

няют, по-видимому, механические функции. Они малодоступны для пищеварения. В эту фракцию, кроме того, входят нуклеопротеиды, не извлекаемые теми растворителями, которые используются для экстрагирования белков. Значительное количество склеропротеинов обнаруживается у ячменя и нешлифованного риса вследствие большой доли у них грубых оболочек, приходящихся на зерновку.

**Небелковые азотсодержащие вещества.** Помимо белков, в зерне содержится некоторое количество небелкового азота от 0,1 до 0,5% массы зерна. Сюда входит большая группа азотсодержащих веществ – свободные аминокислоты, пептиды с короткой цепочкой, пуриновые и пиримидиновые основания, нуклеотиды, нитраты и др. Количество этой фракции в зерне весьма вариабельно, в незрелых шуплых семенах оно всегда выше. При прорастании семян резко возрастает фонд небелкового азота, в том числе свободных аминокислот.

### 27.3.1. Аминокислотный состав белковых фракций

**Альбумины и глобулины.** По аминокислотному составу суммарные альбумины разных культур имеют как сходства, так и различия (табл. 27.4). В целом для всех альбуминов характерно высокое содержание важнейших незаменимых аминокислот, в частности лизина, треонина, метионина, изолейцина и триптофана, а из заменимых аминокислот – глютаминовой и аспарагиновой кислот. Наиболее высоким содержанием лизина выделяются суммарные альбумины овса, риса и проса, более низким – пшеницы, ячменя, сорго и ржи.

Таблица 27.4 – Аминокислотный состав суммарных альбуминов зерна, г на 100 г белка

Аминокислоты	Пшеница	Ячмень	Овес	Кукуруза	Просо	Сорго	Рис	Рожь
Лизин	3,9	4,5	8,2	5,1	6,5	4,4	7,5	4,2
Гистидин	3,4	2,0	2,9	2,8	2,6	2,9	2,6	3,9
Аргинин	5,9	5,9	5,3	8,1	9,1	9,9	6,8	6,3
Аспарагиновая к-та	5,9	9,0	12,2	8,5	4,6	15,8	10,6	6,8
Треонин	2,4	4,7	5,6	4,6	4,6	4,9	6,1	7,7
Серин	4,6	4,4	6,6	6,1	4,5	6,2	5,8	3,8
Глютаминовая к-та	19,5	12,1	13,7	13,5	21,2	16,4	10,3	15,1
Пролин	10,0	5,6	6,1	7,3	4,9	6,1	7,2	4,2
Глицин	3,2	5,4	6,7	6,2	6,3	9,9	6,7	6,9
Аланин	3,4	5,3	8,0	8,1	6,9	7,4	6,7	5,7
Цистин	3,7	3,9	1,4	2,0	2,4	2,9	1,5	-
Валин	5,7	6,1	6,6	7,5	5,1	8,9	7,5	2,7
Метионин	1,8	2,0	2,4	1,5	1,7	2,9	2,6	3,3
Изолейцин	3,6	3,7	4,8	5,3	3,1	3,1	6,0	-
Лейцин	6,7	6,6	8,6	9,3	6,0	6,8	8,8	-
Тирозин	3,9	4,0	3,1	2,7	3,1	3,8	4,1	5,7
Фенилаланин	3,8	3,7	7,3	4,4	3,3	4,1	5,8	7,8
Триптофан	1,6	1,8	1,7	2,0	1,5	2,9	2,0	1,6

Много метионина в альбуминах ржи, сорго, риса, изолейцина – в альбуминах овса, кукурузы, риса, а триптофана – в альбуминах пшеницы, кукурузы, сорго, риса. Количество треонина, часто дефицитной для злаков аминокислоты, высокое (4,7-7,7%) в альбуминах ячменя, ржи и овса и самое низкое (2,4%) в альбуминах пшеницы.

Глобулины зерна злаковых культур, как и альбумины, характеризуются относительно высоким содержанием лизина (табл. 27.5). Однако, у пшеницы, проса, сорго, риса и овса глобулиновая фракция беднее лизином, чем альбуминовая у тех же самых видов зерна. Общие глобулины бобовых, в частности сои, содержат до 6% лизина; белок сои 7S имеет дефицит метионина. Для глобулинов всех культур характерно высокое содержание аргинина: у кукурузы – 12,5%, проса – 13,3%, риса – 16,6%. Вместе с тем в глобулинах значительно ниже, чем в альбуминах, уровень триптофана и метионина. Из заменимых аминокислот по высокому содержанию можно выделить аспарагиновую и глутаминовую кислоты, по низкому – пролин.

Таблица 27.5 – Аминокислотный состав суммарных глобулинов зерна, г в 100 г белка

Аминокислоты	Пшеница	Ячмень	Овес	Кукуруза	Просо	Сорго	Рис	Глобулины сои		
								общий	7S	11S
Лизин	3,0	4,7	5,5	6,0	4,4	3,1	2,8	6,0	7,0	4,2
Гистидин	5,2	2,5	2,9	3,0	2,6	1,9	1,9	2,4	1,7	2,3
Аргинин	8,2	10,6	9,7	12,5	13,3	6,7	16,9	7,8	8,8	7,0
Аспарагиновая к-та	7,1	10,9	8,8	7,7	7,4	8,4	5,6	12,6	14,1	12,2
Треонин	2,0	5,1	3,6	3,3	3,2	3,9	2,6	3,6	2,8	4,5
Серин	6,7	6,2	4,9	5,6	5,9	6,5	6,4	5,7	6,8	6,5
Глутаминовая к-та	11,6	14,0	20,2	16,8	20,3	14,9	18,2	22,4	20,5	21,8
Пролин	2,2	4,2	5,4	3,8	4,6	5,4	6,5	5,4	4,3	4,9
Глицин	9,0	5,5	5,4	5,5	5,4	6,1	6,7	4,1	2,9	3,6
Аланин	3,3	4,8	5,7	5,8	6,7	6,0	4,9	3,9	3,7	3,4
Цистин	1,9	2,3	1,3	1,2	4,1	1,5	3,8	1,2	0,3	1,4
Валин	4,6	6,3	4,9	5,7	5,0	5,4	5,6	4,7	5,1	4,3
Метионин	1,1	1,1	1,8	1,2	0,7	2,7	1,9	1,2	0,3	1,3
Изолейцин	3,7	3,3	4,3	3,0	2,7	3,4	2,9	4,8	6,4	5,1
Лейцин	11,5	6,5	6,8	5,9	5,2	5,9	6,4	7,9	10,3	6,3
Гирозин	3,2	3,1	2,4	3,1	3,0	4,8	2,9	3,8	3,6	3,9
Фенилаланин	3,5	4,5	5,9	4,6	3,3	5,0	3,6	5,5	7,4	4,9
Триптофан	1,2	1,1	0,9	0,8	0,5	1,3	1,3		0,3	1,4

В пределах вида отмечается довольно высокая стабильность аминокислотного состава суммарных фракций. Фракции альбуминов и глобулинов представляют собой гетерогенные комплексы белков. В альбуминах пшеницы с помощью электрофореза на полиакриламидном геле обнаружено 15-17 различных белковых субъединиц, на крахмальном геле – 21 субъединица. Многокомпонентность альбуминов и глобу-

линов установлена для пшеницы. Как уже упоминалось, альбумины и глобулины, представляющие собой белки-ферменты, амилазы, протеазы, липазы, нуклеазы, присутствуют в очень малых количествах, активизируются они в процессе развития и жизнедеятельности зерновки. Среди других энзимов, встречающихся в значительных количествах, следует отметить фитазы алейронового слоя и пептидные гидролазы.

**Проламины.** Название «проламины» обусловлено высоким содержанием пролина и амидов глютаминовой и аспарагиновой кислот, глютамина и аспарагина соответственно. Это является характерным признаком спиртовой фракции для всех видов зерна. Однако для каждого вида проламины называют еще по латинскому названию растений. Например, латинское название кукурузы – *Zea mays*, ее проламин называют зейн, ячмень – *Hordeum*, проламин ячменя – гордеин и т.д. Характерной особенностью проламинов является низкое содержание лизина. В зейне и паницине обнаруживаются лишь следы лизина (табл. 27.6). Очень мало его в проламинах сорго, пшеницы и ржи. Авенин овса имеет довольно высокий для проламинов уровень лизина (3,3%). Бедность лизином проламинов и высокий уровень этой фракции в суммарном белке являются основной причиной несбалансированности зерна большинства злаковых культур по лизину. Помимо недостатка лизина, проламины также бедны аргинином, гистидином, треонином и триптофаном. Триптофан практически отсутствует в зейне кукурузы и кафирине сорго. Вместе с тем паницин является относительно богатым источником триптофана. Наблюдаются весьма различные показатели по серусодержащим аминокислотам. Например, глиадин пшеницы содержит 1,9% цистина, секалин – 2%, авенин – 4,4%. А в кафирине сорго – лишь следы цистина, мало его в паницине и проламинах риса оризине. Подобное различие по метионину наблюдается в проламинах разных видов злаков. Большинство проламинов отличается высоким уровнем лейцина. Это относится прежде всего к зейну, кафирину и оризину, имеющим соответственно 18,6; 18,1 и 16,9% лейцина. Секалин, гордеин и паницин содержат сравнительно мало лейцина.

За исключением паницина, в проламинах остальных злаков присутствует очень много глютаминовой кислоты и пролина. На их долю приходится 60% всех аминокислот в глиадине, 50% в секалине и 47% в авенине. Почти вся глютаминовая и аспарагиновая кислоты присутствуют в глиадине пшеницы в виде амидов этих кислот – глютамина и аспарагина. По этой причине проламины не являются кислыми белками. По-видимому, проламины довольно устойчивая к распаду в рубце фракция. Если это так, то в кишечник попадает нераспавшийся проламин низкой биологической ценности по лизину.

Таблица 27.6 – Аминокислотный состав суммарных проламинов зерна, г в 100 г белка

Аминокислоты	Пшеница (глиадин)	Рожь (секалин)	Ячмень (гордеин)	Овес (авенин)	Кукуруза (зеин)	Просо (паницин)	Сорго (кафирин)	Рис (оризин)
Лизин	0,7	0,6	1,0	3,3	0,2	0,1	0,4	0,4
Гистидин	2,2	0,9	1,6	1,7	1,0	3,9	0,7	1,3
Аргинин	2,5	1,6	3,1	4,8	1,3	2,8	1,5	2,9
Аспарагиновая к-та	2,5	1,7	2,0	3,3	4,9	2,1	7,0	10,2
Треонин	1,6	2,1	2,3	2,3	2,8	1,7	2,2	3,1
Серин	4,0	4,7	3,1	2,9	4,9	4,6	3,1	5,6
Глутаминовая к-та	43,3	30,6	34,7	37,6	21,4	13,7	28,3	22,6
Пролин	14,0	19,3	17,0	9,1	9,2	6,3	12,6	11,9
Глицин	1,4	2,0	1,2	2,4	1,1	1,6	0,6	4,2
Аланин	1,9	2,2	1,7	4,4	8,8	10,3	12,7	8,0
Цистин	1,9	2,0	1,9	4,2	1,0	0,9	Следы	0,6
Валин	3,7	3,8	3,8	5,9	3,6	3,2	3,9	7,2
Метионин	1,2	0,8	1,4	3,7	0,9	2,4	1,0	1,3
Изолейцин	3,8	2,9	3,5	3,7	3,3	2,7	3,8	6,6
Лейцин	7,2	4,9	6,6	10,6	18,6	7,3	18,1	16,9
Гирозин	2,7	0,9	2,5	1,7	5,0	2,0	3,6	4,5
Фенилаланин	5,4	4,9	7,3	7,0	6,9	3,2	4,8	6,4
Гриптофан	0,7	0,5	1,1	1,2	0,1	2,3	0,1	1,0

Аминокислотный состав проламинов мало подвержен изменчивости под воздействием внешних факторов. Суммарные глиадины пшеницы, выращенной в разных условиях азотного питания, имели одинаковый состав (лишь слегка увеличивается уровень глутаминовой кислоты).

Проламины, как и другие белковые фракции, представляют собой сложную смесь белковых компонентов (рис. 27.5).

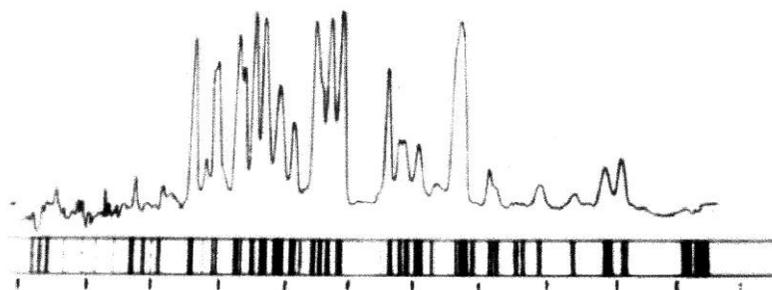


Рисунок 27.5 - Компонентный состав зеина кукурузы по определению методом электрофореза на полиакриламидном геле.

**Глютелины** составляют наибольший удельный вес в общем белковом фонде зерна злаков. Суммарные глютелины по аминокислотному составу занимают промежуточное положение между проламинами и со-

ластворимыми белками; содержание лизина в них выше, чем в проламинах (табл. 27.7). Глютелины отличаются от проламинов более высоким содержанием аргинина, гистидина, глицина. В целом белок глютелинов лучше сбалансирован по аминокислотам. В глютелинах пшеницы, как и глиадинах, уровень лизина невысокий.

Таблица 27.7 – Аминокислотный состав суммарных глютелинов зерна, г в 100 г белка

Аминокислоты	Пшеница (глютелин)	Рожь	Ячмень	Кукуруза	Сорго	Рис (оризенин)	Овес	Просо
Лизин	1,7	2,3	4,0	2,4	3,1	4,0	5,0	2,1
Гистидин	1,9	1,4	2,1	3,8	3,1	2,2	3,1	1,6
Аргинин	3,2	3,4	5,5	4,5	5,9	7,5	9,5	4,9
Аспарагиновая к-та	2,7	5,0	7,1	4,3	9,1	7,6	10,6	6,4
Треонин	2,9	2,7	4,2	3,6	4,9	4,1	4,4	2,9
Серин	5,9	4,9	5,0	5,1	5,4	4,8	5,1	5,4
Глютаминовая к-та	37,4	19,9	19,5	22,0	24,1	15,7	17,5	21,7
Пролин	14,4	8,7	8,7	11,9	14,9	5,4	5,4	9,4
Глицин	4,8	6,2	4,5	4,0	5,3	4,1	5,0	2,7
Аланин	2,3	4,3	6,7	7,5	9,4	5,4	5,1	10,4
Цистин	1,7	3,1	1,2	1,4	1,2	0,5	0,9	1,2
Валин	3,6	3,8	6,6	5,0	5,5	6,4	5,5	4,1
Метионин	1,6	1,4	1,9	3,1	1,2	1,9	1,8	1,4
Изолейцин	3,0	2,8	5,2	3,0	4,1	5,8	5,0	3,8
Лейцин	6,5	4,9	8,7	12,3	12,5	9,3	8,1	10,2
Тирозин	4,1	2,1	3,9	4,7	3,2	3,8	4,9	4,4
Фенилаланин	4,5	3,5	5,1	4,9	4,9	5,6	6,8	4,9
Триптофан	0,8	1,4	1,3	0,9	1,0	1,2	-	0,7

Если учесть, что на долю этих двух фракций – проламина и глютелина в зерне злаков приходится 60-70% суммарного белка, нетрудно понять причины, обуславливающие бедность их белка лизином. У шлифованного риса 80% всего белка составляют глютелины (оризенин), содержащие, по данным разных авторов, от 2,6 до 4% лизина, что обеспечивает весьма удовлетворительную полноценность зерна по аминокислотному составу. Доминирующими фракциями овса являются глобулины и глютелины, в которых содержится соответственно 5,5 и 5% лизина, что также определяет хорошую сбалансированность овса по лизину.

Характерной особенностью глютелинов является высокий молекулярный вес от 300 тыс. до 1-2 млн дальтон.

### **Глютелины и проламины как НРБ для жвачных**

Количество зерна злаков в рационах высокоудойных коров может составлять 5-7 кг и более. С этим количеством поступает 600-800 г сырого белка. Если учесть, что на долю проламинов и глютелинов приходится 60-70% суммарного зернового белка, то можно ожидать, что около 400-500 г будет составлять белок этих фракций. Проламины и глютелины отличаются низкой растворимостью в рубце, так как содержат весьма значительное количество цистина, образующего дисульфидные связи, трудно расщепляемые микробными энзимами. Можно полагать, что эти белки составляют нераспадаемую часть в рубце (НРБ), перевариваемый в тонком кишечнике.

Оценка в опыте на крысах выделенных по методу Осборна из кукурузы белковых фракций показала, что глютелин медленнее переваривается по сравнению с зеином (табл. 27.8).

Таблица 27.8 – Скорость освобождения желудочно-кишечного тракта от азота глютелина и зеина кукурузы, % от потребленного (В. Г. Рядчиков, А. В. Плотникова, 1982)

Время после кормления, ч	Глютелин	Зеин
2	55,6	77,0
4	60,1	85,1
8	68,8	89,7
16	90,8	96,7

По существующим рекомендациям количество усвояемых в тонком кишечнике аминокислот из НРБ рассчитывают по аминокислотному составу суммарного белка зерна, который вряд ли соответствует составу НРБ, в т.ч. проламиновой и глютелиновой фракциям. Последние содержат меньше лизина. Поэтому при расчете усвояемых аминокислот из НРБ зерна, по-видимому, это надо учитывать. Вместе с тем, было бы важно изучить этот вопрос в опытах *in situ*.

#### **27.4. Распределение белков в морфологических частях зерновки**

Белки количественно распределены неравномерно между различными морфологическими частями зерна. Концентрация белка в оболочке составляет 3-4,4%, в эндосперме кукурузы и пшеницы – в среднем 8-12% (табл. 27.9).

Таблица 27.9 – Распределение белка в зерновке пшеницы и кукурузы (Hinton, 1953)

Части зерна	Процент от массы зерновки		Концентрация белка, %		Распределение белка, % от общего в зерновке	
	Пшеница	Кукуруза	Пшеница	Кукуруза	Пшеница	Кукуруза
Оболочка (перикарп)	8,0	6,5	4,4	3,0	4,0	2,2
Алейроновый слой	7,0	2,2	19,7	19,2	15,5	4,7
Эндосперм:	82,5	79,6	12,0	8,0	72,5	71,0
внешний	12,5	3,9	13,7	27,7	19,4	11,9
средний	12,5	58,1	8,8	7,5	12,4	48,2
внутренний	57,5	17,6	6,2	5,6	40,7	10,9
Зародыш	1,0	1,1	33,3	26,5	3,5	3,2
Щиток	1,5	10,6	26,7	16,0	4,5	18,9
Целое зерно	100	100	12-14	8-10	100	100

Основное количество белка (65-75%) приходится на эндосперм, поскольку он составляет основную массу зерновки. Высокой концентрацией белка отличаются зародыш и алейроновый слой. В зародыше пшеницы – 33,3% белка, кукурузы – 26,5%, овса – 19,4% (Draper, 1973), сорго – 18,9% (Sykes, 1971). Довольно крупный зародыш у кукурузы, овса и сорго. У этих культур на долю зародышевого белка приходится от 12% (у сорго) до 22% (у кукурузы) общего белка зерновки. Содержание белка в алейроновом слое пшеницы и кукурузы более 19%. Белки алейронового слоя составляют весьма значительную часть в общем белковом фонде зерновки пшеницы (до 15,5%). По-видимому, у злаков с многоярдным алейроновым слоем доля белка этой части будет возрастать.

Белки зародыша и алейронового слоя содержат в основном альбумины и глобулины, обладающие ферментативной активностью, способной привести в действие запасные вещества зерна в процессе прорастания. Доля спирто- и щелочнорастворимых белков незначительна. Алейроновый слой пшеницы имеет наивысшую протеазную и зстеразную активность, зародыш – дипептидазную и липазную. Выделенные фракции гистонов, богатых лизином, из пшеничных зародышей, сходны с гистонами животных.

Концентрация витаминов группы В и микроэлементов наиболее высока в алейроновом слое и зародыше. Например, никотиновой кислоты в алейроновом слое 84% всего содержания в зерне пшеницы, рибофлавина – 37%, тиамин – 98%, то же самое имеет место у других культур.

В весовой единице зародыша пшеницы фосфора содержится в 10 раз больше, цинка в 15-20 раз, железа – в 10 раз, марганца – в 50 раз, меди – в 20 раз, чем в единице эндосперма. Эта часть витаминов и микроэлементов в зародыше и алейроновом слое при размоле пшеницы на продовольственную муку попадает в отруби, которые используют в рационах сельскохозяйственных животных.

Эти особенности характерны и для других злаковых культур. Общей для них является такая закономерность: чем выше доля зароды-

ша и алейронового слоя и чем ниже доля эндосперма, тем выше концентрация белка в целом зерне. Щуплое зерно с недоразвитым эндоспермом, как правило, отличается повышенной белковостью.

В самом эндосперме белки распределены также неравномерно. Концентрация их снижается по мере продвижения от субалейронового слоя к центру. Периферическая зона зерна, лежащая под алейроновым слоем, называемая субалейроновым слоем, имеет высокую концентрацию белка: у кукурузы – до 27,7%, сорго – 29-30%, ячменя – 21-24%, риса – 29%. Эта часть эндосперма полностью лишена крахмала или содержит его очень мало и характеризуется стекловидностью. Богатая крахмалом центральная часть эндосперма отличается мучнистостью и низкой концентрацией белка. Для каждого слоя эндосперма характерны свои белки. Периферические слои эндосперма пшеницы значительно богаче клейковиной (проламины + глютелины), чем центральные.

В белках алейронового слоя и зародыша существенно выше содержание лизина и меньше аминокислот, характерных для проламиновой фракции эндосперма (табл. 27.10). Помимо лизина, в этой части зерна содержится много аргинина, аспарагиновой кислоты и треонина. Глютаминовой кислоты и пролина значительно меньше, чем в эндосперме.

Таблица 27.10 – Содержание аминокислот в белках различных частей зерна, г/100 г белка

Аминокислоты	Пшеница			Ячмень			Кукуруза		
	эндосперм	зародыш	алейрон	эндосперм	зародыш	алейрон	эндосперм	зародыш	алейрон
Лизин	1,7	8,4	4,6	3,1	7,3	4,6	2,0	6,1	4,4
Гистидин	2,3	4,0	4,0	2,1	3,1	2,4	2,8	2,9	-
Аргинин	3,5	16,0	21,2	4,1	9,7	6,3	3,8	9,2	7,0
Аспараг. к-та	3,3	6,5	8,0	5,0	9,1	-	6,2	9,2	-
Треонин	2,7	2,6	3,1	3,2	4,8	3,9	3,5	3,7	4,5
Серин	5,3	4,0	4,5	4,6	5,2	-	5,2	5,0	-
Глютам. к-та	39,3	8,4	16,4	27,3	13,5	-	21,3	13,9	-
Пролин	14,7	3,5	3,9	1,4	4,4	-	9,7	5,3	-
Глицин	-	7,3	-	3,3	6,4	-	3,2	5,5	-
Аланин	3,5	6,4	5,1	3,4	6,8	-	8,1	5,8	-
Цистин	-	1,0	1,8	4,1	3,5	-	1,8	0,9	-
Валин	4,3	4,0	5,4	4,8	6,1	5,2	4,7	4,4	-
Метионин	1,9	1,5	1,5	1,6	2,5	1,2	2,8	1,5	1,6
Изолейцин	4,1	2,5	3,1	3,7	3,8	4,2	3,8		3,2
Лейцин	7,6	4,5	6,0	6,8	7,0	8,9	14,3	5,6	7,6
Тирозин	3,9	1,5	3,0	2,8	2,8	-	5,3	2,2	-
Фенилаланин	6,0	2,0	4,0	6,1	4,3	4,6	5,3	3,6	-

При производстве высокосортной муки для производства хлеба и других пищевых продуктов зародыш и алейроновый слой уходят в отруби, что в значительной мере обедняет муку и хлеб незаменимыми

аминокислотами, витаминами, микроэлементами, в конечном итоге снижая их биологическую ценность (табл. 27.11).

Таблица 27.11 – Биологическая ценность пшеницы и приготовленной из нее белой пшеничной муки 1-го сорта (средние данные для 6 сортов пшеницы, В. Г. Рядчиков, 1978)

	Белок, %	Лизин, %	Среднесуточный прирост, г	Корм/прирост, г	ЭБ(PER)*
Пшеница	13,6	0,33±0,02	1,84±0,12	6,3±0,3	1,17±0,1
Мука	12,2±0,5	0,23±0,01	0,52±0,04	19,5±0,11	0,42±0,02

\*- ЭБ(PER) – эффективность белка =  $\frac{\text{прирост ж.м., г}}{\text{потребленный белок, г}}$

## 27.5. Белковые тела

В процессе развития и формирования зерна белки того или иного класса образуются в определенных клеточных органеллах или частях органелл. Запасные белки эндосперма злаков, представляющие основную массу зернового белка, локализованы в белковых телах. В зависимости от места расположения, особенностей структуры и состава белковые тела называют алейроновыми зернами, белковыми гранулами или белковыми матрицами.

Между белковыми телами разных видов растений существуют большие различия как по составу, так и по строению. Если белковые тела зерна бобовых и масличных состоят главным образом из глобулинов, то белковые тела у злаков – из проламинов и глютелинов.

Алейроновые зерна алейроновых клеток образуют скопления, заполняющие клетку. Они как бы вдавлены в матрикс и обволакиваются им (рис. 27.6). Алейроновое зерно имеет сложное строение и состоит из кристаллоида – вещества белково-углеводного характера типа гликопротеида, глобоида (скопления калиевой и магниевой соли фитиновой кислоты) и основного белкового вещества, окружающего кристаллоид и глобоид. Выяснилось, что в алейроновых зернах ячменя фитат присутствует не в специальном месте – глобоиде, а равномерно распределен по всему белку (Romeranz, 1973), при этом фосфор фитата связан главным образом с гордеиновыми белками. Каждое алейроновое зерно окружено липопротеиновой мембраной.

Белковые тела эндосперма злаков имеют более простое строение по сравнению с алейроновыми зернами и содержат в основном запасные белки, которые у кукурузы и сорго локализованы в разветвленной белковой матрице и белковых гранулах округлой формы. Белковые гранулы субалейронового слоя и роговидного эндосперма кукурузы имеют средний диаметр 1,4-1,8 мкм, сорго – 2 мкм и плотно вдавлены в белковую матрицу. Выяснилось, что матричные белки представлены щелочерастворимой фракцией (глютелинами), а белки гранул – спирторастворимой.

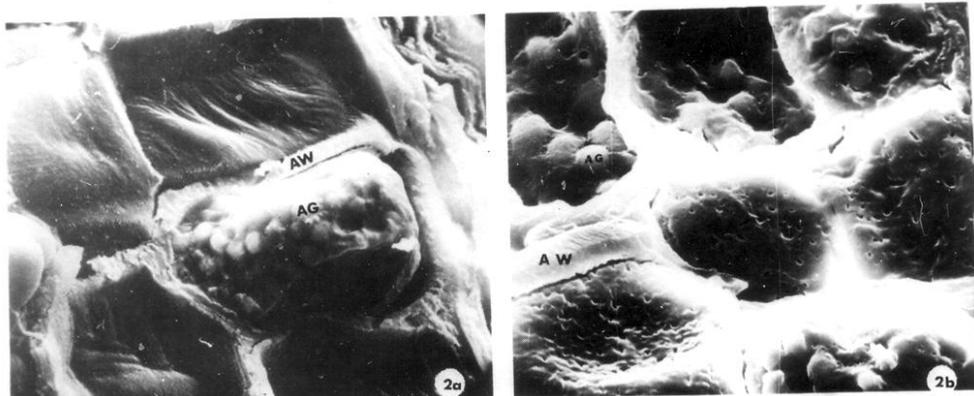


Рисунок 27.6 - Клетка алейронового слоя зрелого зерна ячменя (фото со сканирующего микроскопа): слева – сухое зерно (увеличение 1350 раз); справа – намоченное зерно (увеличение в 1600 раз)

AW – клеточная стенка; AG – алейроновые зерна (Pomeranz 1972).

Путем обработки тонкого среза эндосперма этанолом удастся растворить белковые гранулы, амилазой – крахмальные зерна, при этом остается неразрушенной хорошо выраженная сетка матричного белка (рис. 27.7).

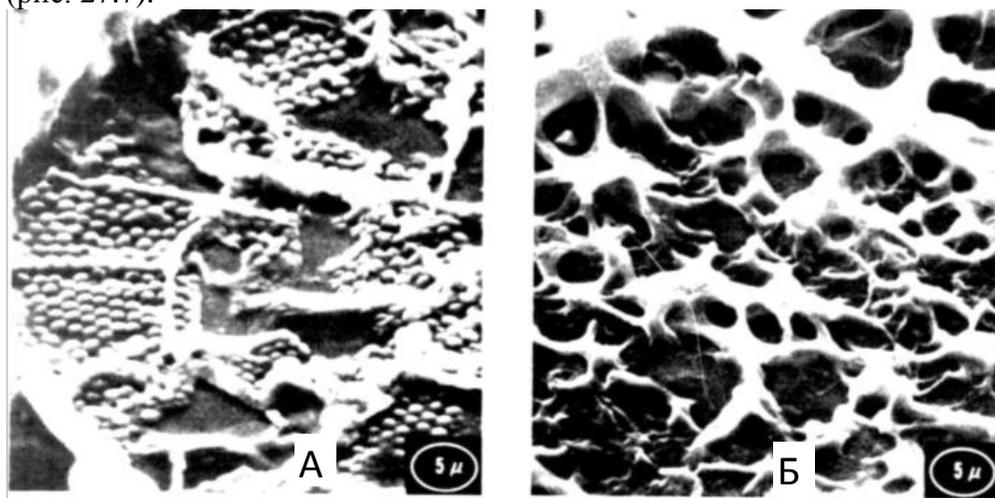


Рисунок 27.7 - Снимок с электронного сканирующего микроскопа. А – Срез клетки эндосперма обычной кукурузы после удаления крахмальных гранул амилазой: хорошо видны зеиновые белковые тела и в виде тяжей слабый глютелиновый матрикс. Б – Срез клетки эндосперма высоколизиновой кукурузы после удаления крахмала амилазой: белковый глютелиновый матрикс более выражен, чем у обычной кукурузы. Увеличение в 1000 раз. (Wall J. S, and JW. Paulis 1975)

В белковых гранулах сорго видна темноокрашенная сердцевина, вокруг которой имеются концентрические кольца, что свидетельствует о пластинчатой структуре белковых гранул (рис. 27.8). При обработке гранул проназой с целью переваривания белка наблюдалась сохраняемость веществ из концентрической и ядерной частей гранул. Предполагают, что это внутригранулярные образования липопротеинового характера.

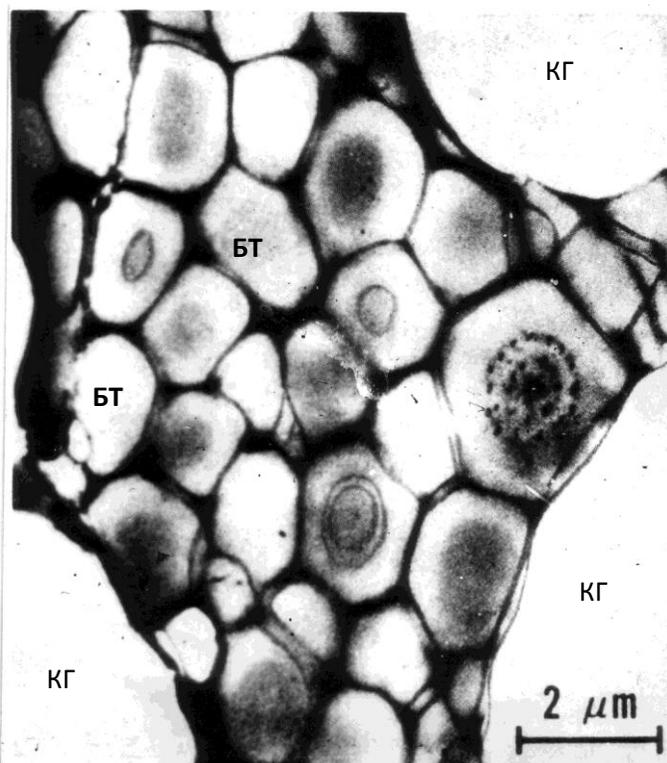


Рисунок 27.8 - Белковые тела (БТ), расположенные между крахмальными гранулами (КГ) клетки эндосперма сорго (фото с трансмиссионного электронного микроскопа, увеличение в 10000 раз, Sekinger, Wolf, 1973)

В зрелом эндосперме обнаруживаются остатки мембран от амилопластов, эндоплазматического ретикулума, вносящих вклад в белковый фонд зерна.

### **27.6. Влияние сорта, удобрений и условий среды на качество и количество белка в зерне**

Количество и качество белка находится под контролем сортовых особенностей злаковых и бобовых культур. Определенное влияние оказывают условия окружающей среды: питание, климат и т.д.

**Сорт.** Выявление генетических источников, способных изменить соотношение белковых фракций в сторону увеличения наиболее ценных

по аминокислотному составу, является одной из основных задач селекции по созданию высококачественных сортов и гибридов зерновых злаковых культур. Влияние генотипа и условий внешней среды на состав белков изучалось многими исследователями.

У высокобелковых генотипов кукурузы, пшеницы, ячменя и других злаковых культур процентное содержание проламиновой фракции выше, чем у низкобелковых. Уровень же альбуминов и глобулинов ниже. Поэтому содержание лизина понижается, в связи с этим биологическая ценность белка у высокобелковых форм меньше, чем у низкобелковых. Несмотря на это, абсолютное количество лизина в зерне у высокобелковых форм растет. Обратная корреляция между содержанием лизина и белка практически отсутствует у риса, овса и бобовых культур, так как основные фракции этих культур (глютелины и глобулины) имеют высокий процент лизина.

**Удобрения.** С увеличением содержания белка в зерне пшеницы, ячменя, кукурузы, сорго под действием азотных удобрений повышается доля проламиновой и глютелиновой фракций и снижается количество полноценных белков (альбуминов и глобулинов). Биологическая ценность суммарного белка понижается.

Обращает на себя внимание тот факт, что у сои увеличение уровня белка под влиянием высоких доз азота сопровождается снижением в белке наиболее дефицитной аминокислоты – метионина. Повышение белка в зерне овса после внесения азотных удобрений происходит в результате более или менее равномерного возрастания всех фракций, биологическая ценность белка при этом сохраняется.

**Прорастание и созревание.** В процессе формирования и созревания зерна соотношение белковых фракций изменяется. В начальной фазе доминируют легкорастворимые белки, к концу созревания процент альбуминов и глобулинов в суммарном белке падает и возрастает доля запасных белков (проламинов и глютелинов). Биологическая ценность суммарного белка к моменту созревания понижается.

По мере прорастания зерна доля запасных белков уменьшается, а содержание альбуминов и глобулинов, а также наиболее дефицитной аминокислоты лизина возрастает. Через 4 дня после прорастания количество лизина в суммарном белке ржи увеличивается на 11%, пшеницы – на 31%, ячменя – на 20%; при этом значительно понижается содержание глютаминовой кислоты и пролина.

Серьезной проблемой является существующая у злаковых культур обратная зависимость между продуктивностью и содержанием белка. Эту особенность объясняют наличием антагонизма между процессами синтеза белка и крахмала. Накопление крахмала положительно коррелирует с урожаем зерна. Закономерность эта проявилась в весьма существенном снижении процента белка у современных сортов и гибри-

дов пшеницы, ячменя, кукурузы и других в сравнении с его уровнем у старых, менее продуктивных сортов.

Однако, при расчете сбора белка с единицы площади оказывается, что сорта и гибриды интенсивного типа не только не уступают, но часто существенно превосходят по этому показателю старые высокобелковые сорта. Таким образом, при рассмотрении вопроса на уровне целого растения выясняется, что вынос азота из почвы не снижается и что повышение продуктивности не приводит к снижению способности новых сортов накапливать белок. Изменяется лишь пропорция между белком и небелковыми веществами, в частности крахмалом, в сторону увеличения доли последнего.

Обеспеченность азотным питанием – необходимое условие для проявления потенциальных способностей в накоплении белка. Считают, что генотипически обусловленный уровень содержания белка у основных районированных сортов озимой пшеницы на абсолютно сухой вес зерна составляет 15-16%. При недостатке азота в почве в производственных посевах эти же сорта показывают 10-11% белка.

### **27.7. Производство и использование зерна в животноводстве**

Среднегодовое производство зерна в Российской Федерации достигает в среднем 80–100 млн т. Из этого количества более половины (64%) приходится на пшеницу, 18-20% – на ячмень, 4-6% – кукурузу, 4-5% – рожь, 5% – овес, 0,7-0,8% – рис. На производство хлеба и других пищевых продуктов расходуется около 15 млн т пшеницы, на экспорт 20-22 млн т. Таким образом, на корм для животных используется пшеница, ячмень, кукуруза, овес, в небольшом количестве рожь и тритикале, а также продукты от переработки зерна – отруби, мучки, пивная и спиртовая барда. Зерно в комбикормах свиней и птиц составляет 50-90%, по массе, в рационах жвачных – 20-30%, высокопродуктивных коров – 35-45% сухого вещества.

### **27.8. Питательная ценность зерна злаков**

Общепринято, что зерно злаковых культур является основным источником энергии в рационах сельскохозяйственных животных. Это обусловлено высоким содержанием крахмала, а в зерне кукурузы, кроме того, содержанием жира. Поэтому кукуруза имеет самое высокое содержание энергии среди всех остальных видов зерна. Из-за более высокого содержания клетчатки зерно ячменя и овса уступает по энергии зерну других видов злаковых культур (табл. 27.12).

Содержание белка в зерне злаковых невысокое – 8-12%, к тому же белок отличается низкой биологической ценностью из-за недостатка, прежде всего, лизина. Вместе с тем, доля зернового белка в рационах животных составляет от 30 до 50%, а лизина – 20-30%. Для всех злаков

лизин является первой лимитирующей аминокислотой, затем – треонин и метионин. В зерне кукурузы - триптофан, последний, как и лизин, является наиболее лимитирующей аминокислотой. Белок овса, риса и ячменя отличается более сбалансированным составом аминокислот, чем белок кукурузы, пшеницы и сорго.

В зерне всех злаковых культур очень мало содержится кальция, всего 0,2-0,5 г/кг, но относительно много фосфора – от 2,8 до 3,5 г/кг зерна. Однако, до 70-80% фосфора находится в недоступной для усвоения форме-фосфора фитиновой кислоты. В настоящее время создаются низкофитатные гибриды кукурузы и ячменя, содержащийся в них фосфор существенно лучше усваивается животными.

Таблица 27.12 – Химический состав зерна злаковых культур, % натурального вещества (10-13% воды)

Показатели	Кукуруза	Кукуруза высоко-лизиновая	Пшеница озимая	Ячмень озимый	Овес	Рожь	Сорго	Тритикале	Рис
ОЭ (свиньи), МДж в 1 кг	14,2	14,2	13,7	12,2	11,3	13,1	14,2	13,6	13,6
ОЭ (птица), МДж в 1 кг	13,9	13,8	12,8	11,3	10,6	11,6	13,6	13,2	11,1
ОЭ (жвачн.), МДж в 1 кг	13,1	13,5	13,0	12,2	11,6	11,9	11,8	12,8	13,1
Сырой белок, %	8,5	9,0	11,5	10,0	12,0	11,5	9,5	12,0	8,0
Сырой жир, %	5,2	7,1	2,3	2,2	5,1	2,2	3,0	2,3	2,0
Сырая клетчатка, %	2,0	2,5	2,3	5,0	10,5	2,5	2,5	2,3	5,0
НДК, %	9,6	10,6	12,0	18,6	27,0	12,3	18,0	12,7	23,7
КДК, %	2,8	3,6	3,7	7,0	13,5	4,6	8,3	3,8	13,9
Лизин, %	0,27	0,43	0,32	0,36	0,46	0,39	0,24	0,4	0,35
Метионин, %	0,18	0,16	0,2	0,16	0,24	0,16	0,16	0,21	0,2
Цистин, %	0,19	0,2	0,28	0,2	0,26	0,18	0,18	0,27	0,14
Триптофан, %	0,08	0,12	0,15	0,12	0,16	0,12	0,12	0,15	0,09
Треонин, %	0,3	0,38	0,34	0,33	0,43	0,33	0,32	0,35	0,32
Са, %	0,03	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,04	0,05	0,04
Р общ., %	0,28	0,29	0,39	0,35	0,31	0,31	0,3	0,33	0,18
Р дост., %	0,1	0,1	0,1	0,17	0,08	0,15	0,05	0,16	0,1
Крахмал, %	70,0	69,0	67,0	57,0	46,0	67,0	69,5	67,0	54,5

### 27.8.1. Сравнительная оценка разных видов зерна в кормлении свиней

**Монозерновое кормление** из-за низкого содержания белка и лизина в практике животноводства не применяется, так как на одном зер-

не, даже обогащенном минералами и витаминами, невозможно реализовать продуктивный потенциал животных, и кроме убытков оно ничего не дает. Однако в научных целях для изучения питательности зерна в чистом виде монозерновое кормление представляет определенный интерес.

Как видно из таблицы 27.13, высоколизинтовую кукурузу и ячмень свиньи поедали намного лучше, чем обычную кукурузу и пшеницу, и росли, естественно, также лучше. Расчеты показали прямую зависимость ( $r = 0,92$ ) между содержанием лизина и потреблением корма. Таким образом, при монозерновом кормлении значительные преимущества имеют высоколизинговая кукуруза и ячмень, что обусловлено более высоким содержанием лизина.

Более низкие коэффициенты переваримости питательных веществ наблюдаются у ячменя, что обусловлено более высоким содержанием клетчатки. Энергетическая ценность, выраженная на абсолютно сухое вещество, совпадает с показателями большинства справочных литературных данных, а именно, самая высокая энергетическая ценность характерна для кукурузы, она у ячменя меньше.

**Смешанное кормление.** При обогащении зерна соевым шротом свиньи росли намного лучше, чем на монозерне и затрачивали значительно меньше корма на каждый килограмм прироста. При этом на рационе с ячменем свиньи росли хуже, чем на рационах с обычной кукурузой, хотя при монозерновом кормлении картина была иная. При решении вопроса, какому зерну следует отдать предпочтение, необходимо исходить не просто из стоимости зерна, а, прежде всего, из стоимости единиц чистой и обменной энергии, переваримого белка, доступных аминокислот, особенно лизина, при этом с учетом, для какого вида животных, в каком возрасте и физиологическом состоянии предназначено зерно.

При решении вопроса, производство какой зерновой культуры будет наиболее выгодным, исходят из главных экономических показателей – урожайности, выхода единиц чистой и обменной энергии, белка и лизина с единицы площади, с учетом конкретных возможностей производителя зерна и конъюнктуры рынка.

## **27.9. Обычные и высоколизинговые сорта и гибриды злаковых культур**

Проблема увеличения производства белка и рационального его использования является одной из наиболее значимых в мировом сельском хозяйстве. Основным источником полноценного белка является соя. Однако, ее производство из-за неблагоприятных условий на территории Российской Федерации ограничено. Зерно является основой кормового рациона для сельскохозяйственных животных. Вместе с тем, яч-

мень, кукуруза отличаются недостаточным содержанием белка, к тому же невысокого качества, что обусловлено, прежде всего, низким содержанием лизина.

Таблица 27.13 – Сравнительная оценка питательности высоколизиновой и обычной кукурузы, пшеницы и ячменя на растущих свиньях (Рядчиков В. Г, 1978)

Показатели	Высоколизиновая кукуруза	Обычная кукуруза	Пшеница	Ячмень
<i>Рацион – монозерно</i>				
Содержание, % СВ				
Сырой белок	10,5	9,4	13,3	11,6
Сырой жир	4,81	4,4	1,93	2,2
Сырая клетчатка	2,50	2,2	3,0	5,1
БЭВ	68,3	88,7	68,8	67,4
Сырая зола	1,85	1,70	1,70	3,10
Лизин	0,42	0,25	0,31	0,41
Потребление зерна, кг/д.	2,28	1,49	1,52	2,55
Среднесуточный прирост ж.м., кг	0,52±0,018	0,23±0,011	0,33±0,03	0,45±0,02
Зерно/прирост, кг	4,38	6,48	4,60	5,66
Коэффициенты переваримости, %:				
Сухое вещество	83±0,8	84,1±1,3	84,7±2,0	74,2±0,9
Азот: кажущаяся	77,8±2,1	71,0±1,4	82,0±0,7	67,2±1,2
истинная	80,8±0,3	77,3±1,7	85,3±0,9	70,2±1,6
Сырой жир	40,8±2,7	52,9±3,1	22,4±1,6	22,2±2,6
Сырая клетчатка	37,3±1,6	22,3±1,5	34,9±0,8	31,0±2,1
БЭВ	91,7±2,0	92,5±3,1	93,2±1,3	87,4±2,0
Сырая зола	45,1±3,3	40,0±2,6	59,8±2,0	35,4±1,4
Доступность лизина (истинная)	82,4±4,4	67,4±3,7	77,3±3,3	62,9±3,1
Энергия, МДж/кг СВ				
ВЭ	18,3	18,2	17,9	17,7
ПЭ	16,8	16,7	15,9	13,8
ОЭ	16,1	16,0	14,8	12,6
ЧЭ	8,7	8,7	8,0	6,7
<i>Смешанный рацион</i>				
Сырой белок, %	14,2	13,3	15,2	16,6
Лизин, %	0,70	0,56	0,69	0,61
Потребление корма, кг/д	2,70	2,65	2,24	2,32
Среднесуточный прирост ж.м., кг	0,77	0,72	0,66	0,65
Корм/прирост, кг	3,50	3,68	3,40	3,57
Сырой белок/прирост, г	497	489	518	593

Во многих странах и, особенно, в нашей стране встал вопрос создания сортов и гибридов злаковых культур с повышенным содержанием в зерне белка и лизина.

Оказалось, что изменить аминокислотный состав совсем не просто. В 1963 году, анализируя сотни сортов и мутантов кукурузы на аминокислотном анализаторе на кафедре биохимии в университете Пардью (США), студент Л. Бейтс обнаружил природный мутант, в котором содержание лизина было почти в 2 раза выше, чем в зерне нормальных гибридов кукурузы. Кроме лизина также повышено содержание второй лимитирующей аминокислоты триптофана на 40-60%, имелись изменения по содержанию других аминокислот. Этот мутант называется «Опейк-2», в переводе с английского – мучнистый, рыхлый (в русской литературе назван «Опак-2») из-за отсутствия стекловидности, присущей обычной кукурузе.

Оценка питательной ценности показали, что белые крысы на рационе с кукурузой Опак-2 росли в 2-2,5 раза быстрее, чем на рационе с обычной кукурузой. Это вызвало большой бум у ученых, так как появилась надежда, что используя лиз-ген «Опак-2», можно создать товарные гибриды кукурузы с повышенным содержанием лизина и, тем самым, снизить расход полноценного белка в питании людей и животных.

Открытие высоколизинового мутанта кукурузы стимулировало поиски подобных форм среди других культур. Были найдены в мировых коллекциях или получены методом мутагенеза высоколизинового формы сорго, ячменя, пшеницы и развернута селекционная работа во многих странах по созданию высоколизинового сортов и гибридов злаковых культур.

### Кукуруза (*Zea mays* L.)

Повышение содержания лизина происходит в результате действия гена «Опак-2» на перераспределение белковых фракций в зерне: увеличивается пропорция богатых лизином альбуминов, глобулинов, глютелинов и резко снижается количество очень бедного лизином белка зеина. Кроме того, в самих фракциях кукурузы «Опак-2» несколько повышается содержание лизина (табл. 27.14).

Таблица 27.14 – Содержание белковых фракций и концентрация в них лизина зерна обычной и высоколизинового кукурузы.

Белковые фракции	Белковые фракции, %		Лизин, г/100 г белка	
	ОБ-кукуруза	ВЛ-кукуруза	ОБ-кукуруза	ВЛ-кукуруза
Альбумины	8,9	10,6	6,2	6,9
Глобулины	4,5	14,8	4,0	5,2
Зеин	27,8	7,9	0,17	0,15
Глютелины	37,5	44,7	3,6	4,4
Небелковый азот	5,9	18,9	1,0 мг%	19 мг%
Склеропротеины	14,4	7,0	3,0	4,9

Под руководством академика М. И. Хаджинова в Краснодарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства

им. П. П. Лукьяненко созданы первые гибриды ВЛ-кукурузы, которые по урожайности зерна лишь на 3-4% уступали, а некоторые не уступали обычным гибридам кукурузы.

### **Кормовая ценность высоколизиновой и обычной кукурузы**

Между высоколизиновой и обычной кукурузой имеются определенные различия по содержанию питательных веществ (табл. 27.15). Оба вида обеспечивают равное количество обменной энергии, но у высоколизиновой кукурузы несколько выше уровень жира и клетчатки и ниже содержание каротина (Рядчиков, 1973).

Особенно значительны различия по содержанию аминокислот. Количество лизина в белке зерна гибридов новой кукурузы колеблется от 3,8 до 4,6%, у обычной кукурузы – от 2,4 до 2,9% (табл. 27.16). В тонне зерна обычной кукурузы в среднем 2,7 кг лизина, в то время как у высоколизиновой – 4,3 кг. Повышенное содержание триптофана и аргинина при одновременном снижении количества лейцина и фенилаланина обеспечивает более благоприятное соотношение всех незаменимых аминокислот в зерне высоколизиновой кукурузы по сравнению с обычной. К тому же высоколизиновая кукуруза отличается более высоким содержанием фосфора, магния и, особенно, калия, а также различных микроэлементов.

Сравнительные исследования на животных, содержащихся на монодиетных рационах из высоколизиновой или обычной кукурузы, показали, что привесы свиней при кормлении вволю были в 3,2-3,6 раза выше на кукурузе opak-2.

Таблица 27.15 – Состав и питательность зерна высоколизиновой и обычной кукурузы, % на сухое вещество

Показатели	Высоколизиновая кукуруза	Обычная кукуруза
Влага общая	14,2	13,3
Сырой болок	9,5	9,81
Жир	7,12	5,68
Клетчатка	2,01	1,44
Безазотистые экстрактивные вещества	77,7	81,4
Крахмал	69,3	71,0
Зола	1,59	1,68
Каротин, мг в 1 кг СВ	2,10	4,30
Обменная энергия, МДж в 1 кг СВ	15,5	15,5
Переваримый сырой белок, г в 1 кг СВ	82	77
Кальций	0,015	0,010
Фосфор	0,42	0,22

Различия в питательности этой кукурузы в сравнении с обычной особенно интересно наблюдать в условиях острого недостатка белка, т. е. когда рационы состоят, в основном, из кукурузы с необходимой добавкой витаминов, микро- и макроэлементов. Содержание белка в таких

рационах составляет 9-10% вместо 16-18% по нормам. Приросты поросят на высоколизиновой кукурузе были в 1,5 раза выше, чем на обычной, при этом затраты корма и сырого белка снижались на 25% (табл. 27.17). Обращают на себя внимание достаточно высокие среднесуточные привесы (546 г) на рационах с «Опак-2» при ограниченном уровне белка, который почти в два раза ниже существующих норм.

Таблица 27.16 – Содержание белка и аминокислот в зерне гибридов обычной и высоколизиновой кукурузы, г/100 г белка

Показатели	Обычная кукуруза				Высоколизиновая кукуруза				
	Краснодарский 436	Краснодарский 309	Краснодарский ПГЗОЗ	Иллинойская высококобелковая	Краснодарский 81 ВЛ	Краснодарский 82 ВЛ	Краснодарский 381 ВЛ	Краснодарский 436 ВЛ	Краснодарский 303 ВЛ
Сырой белок	10,1	10,1	10,7	25,6	10,5	10,8	10,8	11,1	10,8
Лизин	2,9	2,9	2,5	2,1	3,8	4	4	4,3	3,8
Гистидин	2	2	2,2	2	2,9	2,5	2,6	2,4	2,9
Аргинин	4,6	4,6	4	3,6	6,5	6	5,9	5,6	5,7
Аспараг. к-та	6,7	6,7	6	6	8,6	9	7,7	8,3	8,9
Треонин	3,6	3,6	3	2,6	3,5	3,4	3	3,4	3,2
Серин	4,5	4,5	3,7	3,9	3,8	3,9	4,2	4,2	3,6
Глютам. к-та	17,4	17,4	16,1	19,8	13,9	14,8	13,1	14,7	12,9
Пролин	9,6	9,6	9,2	8	9	8,1	7,6	9,4	8,2
Глицин	3,6	3,6	3,2	2,8	4	4,1	4,2	4	3,7
Аланин	7,3	7,3	6,6	8	6,6	6	5,6	6,1	5,5
Цистин	2,2	2,2	2,3	2	2,3	2	2,5	2,4	2,4
Валин	4,6	4,6	4,6	3,9	4,9	4,8	6,2	4,6	4,6
Метионин	1,9	1,9	1,8	2	1,6	1,7	1,4	1,4	1,6
Изолецин	2,8	2,8	2,8	3,1	2,7	2,5	2,3	2,5	2,4
Лейцин	11,2	11,2	11	14	7,2	7,9	6,8	7,9	8,8
Тирозин	3,1	3,1	2,4	3,7	2,7	2,5	2,7	2,7	2,4
Фенилаланин	4,3	4,3	4,1	5,9	3,6	3,5	3,3	3,8	3,2
Триптофан	0,7	0,7	0,5	0,5	1,1	1	1	1,2	1

Таблица 27.17 – Привесы и оплата корма у свиней на монозерновых рационах с обычной кукурузой и «Опак-2» (Рядчиков В. Г., 1971)

Состав рациона, % на воздушно-сухой вес кормосмесей	Содержание белка, %	Живая масса		Среднесуточный прирост, г	Затраты корма на 1 кг прироста, кг	Затраты сырого белка на 1 кг привеса, кг
		В начале опыта	В конце опыта			
«Опак-2» (высоколизиновая кукуруза)	10,1	22,7	86,1	546	4,32	414
Обычная кукуруза	10,0	22,6	63,1	364	5,76	552

Поросята, в т.ч. рано отнятые от маток, охотнее поедают корм с зерном кукурузы опак-2, отличаются хорошим здоровьем и внешним видом. Коэффициенты переваримости сухого вещества, жира, клетчатки зерна опак-2 и обычной кукурузы у свиней практически не различаются. Однако, переваримость и отложение сырого белка, доступность лизина для высоколизиновой кукурузы значительно выше (табл. 27.18).

Таблица 27.18 – Коэффициенты переваримости питательных веществ, отложения белка и доступности лизина для опак-2 и обычной кукурузы у свиней, % (Рядчиков и др., 1972; Мирошниченко и др., 1973)

Показатели	Опак-2	Обычная кукуруза
Сухое вещество	87,3	88,5
Органическое вещество	89,8	90,3
Сырой жир	68,2	70,6
Сырая клетчатка	38,5	38,1
БЭВ	93,8	95,1
Сырой белок (N×6,25)	80,6	74,0
Отложение азота, %:		
от съеденного	47,2	33,4
от переваренного	58,6	44,4
Доступность лизина (кажуш.)	85,8	78,2

Особого внимания заслуживает вопрос о возможности снижения расхода белка и полноценных высокобелковых кормов при кормлении животных высоколизиновой кукурузой.

Таблица 27.19 – Результаты откорма свиней от 25 до 100 кг ж.м. обычной и опак-2 кукурузой

Показатели	Вид кукурузы	Сырой белок, %			
		14,7	13,0	12,0	11,1
Среднесуточный прирост, г	Опак-2	568±19	557±22	512±22	479±15
	Обычная	562±30	507±28	421±19 <sup>x</sup>	262±25 <sup>x</sup>
Корм/кг прироста, кг	Опак-2	4,27	4,55	4,88	5,13
	Обычная	4,37	4,95	5,79	7,53
Сырой белок на 1 кг прироста, г	Опак-2	669	616	607	610
	Обычная	673	668	717	890
Убойный выход, %	Опак-2	72,2±0,2	73,1±1,5	71,7±0,4	71,5±0,3
	Обычная	72,0±0,3	73,5±1,6	71,2±0,6	70,9±2,1
Мясо в туше, %	Опак-2	59,3±0,7	59,8±0,5	58,7±1,4	57,8±0,7
	Обычная	56,1±1,5	57,3±0,6	53,9±2,1	55,0±2,1
Сало-шпик и внутренний жир, %	Опак-2	29,2±0,4	27,5±0,7	29,4±1,1	33,8±0,8
	Обычная	31,6±0,6	30,2±0,9	32,3±1,6	31,2±2,0

Из приведенных в таблице 27.19 данных видно, что по мере снижения содержания белка с 14,7 до 11% в рационах с кукурузой опак-2 продуктивность свиней снижается, а затраты корма возрастают, но не так резко, как у свиней на рационе с обычной кукурузой. Следовательно, при откорме свиней живой массой от 25 до 50 кг затраты белка

можно сократить на 18-25%, т. е. вместо 16-17% сырого белка в комбикорме по существующим нормам расходовать 13-14%. В период откорма от 50 до 100 кг живой массы вместо 14% по нормам расходовать 11-12%, что на 15-25% меньше.

Аналогичные данные получены и зарубежными исследователями. В опытах Д. Галло (Galloe.a., 1968) на «финишин» свиньях среднесуточные привесы на кукурузе опак-2 (10% белка) достигали 810 г, а на смешанном рационе из обычной кукурузы и сои (16% белка) – 790 г.

При кормлении супоросных свиноматок только высоколизиновой или только обычной кукурузой не выявляется какого-либо отрицательного влияния разных рационов на плодовитость. Однако число и вес отнятых поросят выше у свиноматок, содержащихся на высоколизиновой кукурузе (Baker et al, 1970). В одном из опытов, проводившемся на лактирующих свиноматках, сравнивали рационы с высоколизиновой кукурузой при пониженном содержании белка (9,8 и 12%) со стандартным кукурузосоевым рационом (16% белка). Кормление в течение 35 дней лактации не выявило каких-либо различий по числу и массе поросят. Однако, на рационе с 9,8% белка наблюдалась более значительная потеря живой массы свиноматок за период лактации (Maner, 1975).

Несмотря на большие преимущества, высоколизиновая кукуруза пока не нашла широкого производства и использования в сельском хозяйстве. Особенностью зерна этой кукурузы является более рыхлая консистенция эндосперма и более высокая влажность к моменту уборки. В процессе комбайновой уборки зерно сильнее травмируется, чем обычная кукуруза. Чтобы не допустить порчи от плесневения и самовозгорания, высоколизиновую кукурузу необходимо своевременно высушить. В процессе сушки очень важно не допустить потерь белка и лизина. Еще одним недостатком является то, что ко времени уборки початки высоколизиновой кукурузы на необранных растениях подвергаются более сильному нападению и поеданию зерна птицами и грызунами, чем обычной кукурузы.

Эти технологические недостатки сдерживают производителей зерна от широкого внедрения гибридов высоколизиновой кукурузы в производство. Однако, при всех этих недостатках экономическая эффективность использования этой кукурузы в животноводстве оказывается достаточно высокой.

## **Ячмень**

Ячмень (*Hordeum sativum*) – весьма распространенный корм для сельскохозяйственных животных, особенно свиней. Содержание обменной энергии в килограмме СВ для свиней – 13,0 МДж, птиц – 11,3, для жвачных – 12,2 МДж. Содержание сырого белка колеблется, в зависимости от сорта, от 8 до 12%. В стартерные корма рано отнятых поросят вводят обрубленное от грубой оболочки зерно ячменя, энергия которого

составляет 14,1 МДж в 1 кг СВ. При кормлении птиц ячменем ости не должны присутствовать во избежание расстройства пищеварения.

Ячмень является основным сырьем для производства пива. Отходы в виде сырой или сухой пивной дробины используются в качестве корма для сельскохозяйственных животных.

В белке ячменя мало содержится лизина, поэтому в рационы, зерновая часть которых представлена ячменем, необходимо добавлять животные и растительные белковые концентраты, богатые этой аминокислотой.

В 1969 г. шведскими учеными из мировой коллекции выделен образец ячменя с высоким содержанием белка и лизина Хайпроли (Hiproly) (hi – высокий, pro – протеин, ly – лизин), который стали использовать в качестве донора высокого лизина в программах создания высоколизинных сортов ячменя. Повышение уровня лизина произошло в результате увеличения суммы альбуминов и глобулинов, некоторого снижения спирторастворимой фракции – гордеина. Созданная с использованием Хайпроли высоколизинная линия ячменя ВЛ-75 имела в своем зерне 13,9% белка и 0,54% лизина (обычный ячмень Нутанс 244 – 11,8% белка и 0,38% лизина). Содержание лизина (г на 100г сырого белка): ВЛ-75–3,9%, Нутанс – 3,2% (табл. 27.20).

Таблица 27.20 – Состав высоколизинного и обычного ячменя, %

Показатели	ВЛ-75	Нутанс 244 (обычный)
Сырой белок (N × 5,7)	13,9	11,8
Сырой жир	2,92	2,52
Сырая клетчатка	6,54	5,22
Сырая зола	2,54	2,03
БЭВ	63,8	67,8
Са	0,08	0,13
Р	0,31	0,21
Лизин	0,54	0,38
Гистидин	0,21	0,18
Аргинин	0,63	0,50
Аспарагиновая к-та	0,78	0,63
Треонин	0,43	0,35
Серин	0,44	0,42
Глютаминовая к-та	2,85	2,74
Пролин	1,65	1,35
Глицин	0,36	0,36
Аланин	0,56	0,4
Валин	0,72	0,55
Метионин	0,22	0,19
Цистин	0,25	0,21
Изолейцин	0,57	0,44
Лейцин	0,93	0,76
Тирозин	0,44	0,35
Фенилаланин	0,72	0,61

Оценка нового ячменя в виде моноорма показала, что свиньи росли намного быстрее, чем на обычном ячмене. Среднесуточный прирост составил 426 г, на обычном ячмене – 246 г ( $p < 0,01$ ). Значительно меньше был расход корма на 1 кг прироста живой массы. Однако, переваримость органического вещества, БЭВ и энергетическая ценность высоколизинового ячменя были ниже по сравнению с таковыми обычного ячменя (табл. 27.21).

В Швеции создан сорт высоколизинового ячменя «Лизимакс», который по урожайности зерна не уступает нормальным сортам.

Таблица 27.21 – Рост и затраты корма у свиней на рационах с высоколизиновым и обычным ячменем

Показатели	ВЛ-75	Нутанс 244
Живая масса, кг:		
в начале	29,9	29,9
в конце	52,9	43,2
Прирост за 54 дня, кг	23,0	13,3
Среднесут. прирост, г	426±17	246±14
в % к Нутанс	173	100
Потребление корма, кг/гол/д	1,84	1,60
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	4,19	5,60
Переваримость, %		
Органическое вещество	77,5±1,2	82,6±1,2
Сырой белок	77,9±0,8	77,7±1,5
Сырой жир	36,2±0,6	24,5±0,8
Сырая клетчатка	42,8±3,6	38,2±4,6
БЭВ	83,8±0,6	88,9±0,7
Сырая зола	61,1±1,2	57,3±5,7
Обменная энергия, МДж в 1 кг	12,18	12,86

Ячмень характеризуется весьма значительными сортовыми различиями по химическому составу. Содержание белка, клетчатки и других компонентов может также сильно изменяться от климатических условий и доз удобрений. С увеличением уровня белка в зерне ячменя снижается его биологическая ценность в результате уменьшения количества лизина в г/100г белка. Вместе с тем абсолютное содержание лизина в сухом веществе повышается, что способствует усилению эффективности высокобелкового зерна в кормлении животных.

Как уже отмечалось, с увеличением дозы азота, вносимого под ячмень, содержание сырого белка в зерне повышается. При этом отмечена ясно выраженная обратная корреляция между биологической ценностью и уровнем белка, несмотря на некоторое улучшение переваримости белка. Величина коэффициента обратной корреляции для разных сортов неодинаковая и варьирует от – 0,79 до – 0,91.

По энергетической ценности зерно ячменя на 6-12% уступает пшенице и кукурузе. Это связано с высоким содержанием клетчатки и более низкой переваримостью питательных веществ. Затраты зерна на единицу прироста свиней на ячменных рационах выше, чем на рационах с пшеницей или высоколизиновой кукурузой. Однако, белок ячменя отличается более благоприятным балансом аминокислот, нежели белок пшеницы и кукурузы. Это является одной из главных причин более охотного поедания ячменя свиньями при отсутствии или недостатке в зерновых рационах белковых добавок, способных компенсировать потребности животных в белке и аминокислотах.

Биологическая ценность белка ячменя обычных сортов существенно повышается при обогащении препаратами лизина. В опытах нашей лаборатории добавление 0,2% солянокислого лизина к монозерновой диете из ячменя сорта Бета 40 способствовало повышению роста крыс и показателя эффективности белка соответственно на 26 и 13% ( $P < 0,01$ ).

Добавление лизина существенно повышает эффективность ячменных рационов в кормлении свиней и птицы, дает возможность сократить или полностью исключить из рациона полноценные высокобелковые корма. Добавление метионин оказалось неэффективным, что говорит об удовлетворительном балансе ячменя по этой аминокислоте. Вместе с тем необходимо внимательно следить за балансом по метионину при добавлении к ячменю белковых кормов, бедных метионином – гороха, арахисового шрота, сои, особенно при кормлении цыплят. Питательность ячменя повышается под воздействием добавления в рацион цыплят протеолитических ферментов (Arscotte et al., 1965).

### Тритикале

Тритикале (Triticale) – новый вид зерновой культуры, искусственно выведенный человеком в результате скрещивания пшеницы с рожью. Название тритикале происходит от названий его родителей – пшеницы (Triticum) и ржи (Secale).

Нами проведена оценка двух сортов тритикале – АД 206 и АД 196, которые сравнивали с рожью Харьковская 55, пшеницей Мироновская 808, ячменем Бета 40, обычной кукурузой Слава и высоколизиновой кукурузой ВИР 42ВЛ. Опыты показали, что на зерновом рационе (93% зерна, остальное – витамины, минеральные вещества и 4% растительное масло) рост белых крыс, получавших тритикале, был выше, чем рост крыс на пшенице (табл. 27.22). Эти различия недостоверны для АД 206 ( $P < 0,5$ ) и достоверны для АД 196 при  $P < 0,05$ .

Переваримость белка тритикале АД 206 несколько выше переваримости белка пшеницы. Между тем тритикале по биологической ценности существенно уступает ржи, ячменю и высоколизиновой кукурузе.

Затраты корма на 1 г прироста живой массы на пшенице значительно выше, чем на тритикале.

Таблица 27.22 – Биологическая ценность зерна тритикале, ржи, пшеницы, кукурузы и ячменя (опыт на белых крысах, продолжительность 21 день)

Вид зерна в диете	Белок, %	Лизин, г на 100 г белка	Среднесуточный прирост, г	Расход корма на 1 г	Переваримость белка, %	ЭБ
Тритикале:						
АД 206	15,6	2,6	1,98±0,2	4,7	78,2	1,49
АД 196	15,5	2,8	2,33±0,2	4,5	79,6	1,52
Рожь (Харьковская 55)	12,7	3,0	2,44±0,2	4,4	79,5	1,94
Пшеница (Мироновская 808)	14,2	2,5	1,77±0,2	5,2	70,7	1,47
Ячмень (Бета 40)	11,0	3,2	2,20±0,2	4,4	71,3	2,24
Кукуруза (Слава)	9,1	2,9	1,00±0,1	7,1	72,9	1,67
Высоколзбиновая кукуруза	9,0	3,9	2,80±0,2	4,6	72,8	3,15

$$* \text{- ЭБ(PER) – эффективность белка} = \frac{\text{прирост ж.м., г}}{\text{потребленный белок, г}}$$

Тритикале представляет большой интерес для использования в качестве зернофуражной культуры. Имеются весьма разноречивые сведения о ее питательной ценности в кормлении свиней, птицы и жвачных животных. Видимо, это связано с неоднородностью химического состава разных сортов тритикале. По имеющимся экспериментальным данным для достижения максимального роста цыплят требовалось меньше добавлять соевого шрота в рацион с тритикале, чем в рацион с кукурузой. В другом опыте на рационе с тритикале + соя при общем уровне белка 23% цыплята росли хуже, чем на кукурузно-соевом рационе с таким же содержанием белка. У кур-несушек на смешанном рационе из тритикале и сои при общем уровне белка 15,4% яйценоскость была на 4% ниже, чем у кур-несушек на кукурузно-соевом рационе с таким же содержанием белка. По данным испытания на птицах зерно тритикале по энергетической ценности уступает таковой кукурузы и почти не уступает зерну пшеницы.

Специальными исследованиями на свиньях измерена калорийность зерна тритикале. Она равнялась 14,7 МДж обменной энергии в 1 кг зерна, в то время как калорийность пшеницы составила 15,2 МДж, ячменя – 13,9 МДж и кукурузы – 15,7 МДж в 1 кг. Следовательно, тритикале по энергетической ценности для свиней уступает пшенице на 3%, кукурузе на 6-7% и превосходит ячмень на 5-6%. По величине отложения азота (в % от переваренного) группы поросят, содержащиеся на монозерновых рационах, распределяются в следующей последова-

тельности: ячмень – 51,9%, кукуруза – 41,4%, тритикале – 40,2%, пшеница – 37,9%.

Одни исследователи отмечали понижение аппетита у свиней на рационах с тритикале, другие авторы этого не наблюдали. Несмотря на постепенность перевода поросят с ячменного рациона на рацион с тритикале, довольно резко понижается поедаемость корма животными.

Во Всесоюзном институте животноводства сравнивали эффективность комбикорма, до 80% состоящего из зерновой дерти тритикале сорта АД 206, с комбикормом с таким же содержанием пшеничной дерти при откорме свиней. У животных, получавших тритикале, наблюдали более низкие среднесуточные привесы. По мнению авторов этого исследования, в комбикорм для свиней можно включать не более 40% зерновой дерти из тритикале (Эрнст Л. К. и др., 1975).

При откорме телок, сравнивая рацион, в который входило 74% зерна тритикале сорта Т 131, с аналогичными рационами с зерном кукурузы и пшеницы, также наблюдали пониженную поедаемость тритикале и более низкие привесы в этой группе. Среднесуточные приросты на тритикале составили 1130 г, пшенице – 1220 г, кукурузе – 1330 г. Кроме того, при убое у половины животных отмечены патологические нарушения в печени тритикальной группы, в результате чего печень выбраковывалась, как непригодная для пищевых целей (Reddye at al., 1975). В другом опыте при откорме телок на рационе с тритикале или сорго приросты соответственно достигали 940 и 1130 г. Животные хуже поедали рацион с тритикале, в печени у них было значительно больше патологических абсцессов (Mc Cloye at al., 1971).

Эти данные свидетельствуют о необходимости более внимательного изучения пищевых и кормовых свойств тритикале, о важности оценки создаваемых сортов на наличие разорцинолов и других антиметаболитов уже на первых этапах селекции в целях получения пригодных для питания и кормления сортов тритикале. Чтобы выявить токсическое действие, нужны более продолжительные опыты, чем при биологической оценке тритикале. По-видимому, в зависимости от выполненности зерна, уровня белка, лизина и других свойств тритикале будут использоваться специализированно для пищевых, кормовых и технических целей.

### **Кормовая ценность зерна пшеницы**

В Российской Федерации, США, Канаде, Франции и Австралии производство пшеницы превышает количество, необходимое для питания людей. В связи с этим значительную часть ее используют в кормлении сельскохозяйственных животных. О ценности пшеницы как корма, существуют противоречивые мнения. Многие считают пшеницу плохим кормом, особенно, для свиней, противопоставляя ей ячмень.

С целью выяснения этого вопроса автором с сотрудниками проведены исследования по изучению состава и питательности пшеницы и опыты по откорму молодняка свиней на рационах с зерном этой культуры. При этом установлено, что зерно пшеницы отличается более высоким содержанием белка и фосфора, чем зерно ячменя. По энергетической ценности оно существенно превосходит зерно ячменя и только немного уступает по этому показателю зерну кукурузы (Рядчиков В. Г., 1975). Основным недостатком пшеницы – это бедность ее белка лизином. Например, в белке сорта Кавказ лизина содержится 2,5%, в то время как у ячменя – 3,2-3,6%. Между тем, в расчете на 1 кг зерна содержание лизина у пшеницы и ячменя почти равное. Вследствие низкой биологической ценности белка пшеничные корма малоохотно поедаются, в особенности, если к ним не добавлены препараты лизина или корма с его высоким содержанием. Подобный рацион из ячменя свиньи поедают значительно лучше и показывают более высокие приросты живой массы. Если на ячменных рационах суточная поедаемость корма составляет 2,1-2,15 кг, то на пшеничных – лишь 1,27 кг. Тем не менее, затраты корма на 1 кг привеса на рационах с пшеницей более низкие, чем на рационах с ячменем.

Приросты свиней на смешанных рационах с пшеницей и ячменем оказались близкими (609 и 632 г, соответственно). При этом отмечалась более низкая поедаемость, но лучшая оплата корма приростом на рационе с пшеницей. Например, на одну голову в сутки расходовалось в группе с пшеницей 2,2 кг корма, а в группе с ячменем 2,53 кг; добавка лизина к пшеничному рациону способствовала существенному повышению поедаемости корма и увеличению среднесуточных привесов с 609 до 714 г. Наибольший процент постного мяса оказался в тушах свиней, получавших пшеничные рационы с добавкой препаратов лизина. Оценка вареного мяса и бульона по общей сумме баллов при дегустации распределила группы в следующей последовательности: первое место – пшеница (715 баллов), второе – пшеница + лизин (699 баллов), третье – высоколизиновая кукуруза (694 балла), четвертое – ячмень (678 баллов) и пятое – обычная кукуруза (659 баллов). Сало, мясо и сырокопчености оказались лучшими по вкусу от свиней, получавших в рационе пшеницу и пшеницу с лизином. Бытующее мнение, что наилучшее сало (шпиг) получают при кормлении ячменем, не подтвердилось. В копченостях от свиней ячменной группы сало было жестким, при его разжевывании образовывался волокнистый комок. Более низкие затраты кормов на пшеничных рационах в сравнении с затратами на обычной кукурузе и ячмене объясняются более высоким содержанием белка и калорий в зерне пшеницы.

В нашей стране использование пшеницы в кормлении животных превышает ячмень и кукурузу. В большинстве случаев это низкосорт-

ные партии, не используемые в питании людей. При этом нужно учитывать то, что пшенице нужны высоколизиновые добавки, в качестве которых могут быть использованы препараты лизина, дрожжи, соевые жмыхи и шроты, зерно бобовых культур.

### 27.10. Переработка зерна

Методы переработки зерна можно разделить на сухие и влажные, на холодные и горячие процессы.

**Холодные методы переработки.** Методы или механизмы, используемые при холодных обработках, включают размола путем плющения, размола путем дробления, размачивание, силосование при высокой влажности и консервацию с помощью консервантов.

Несколько типов мельниц используется для размола, наиболее распространены молотковые дробилки и вальцовые мельницы-плющилки.

**Размол плющением.** Вальцовые мельницы действуют на зерно путем сдавливания между двумя гладкими или рифлеными вальцами, которые могут вращаться вместе, чтобы производить мелкие частицы (рис. 27.8). С таким зерном, как кукуруза, пшеница или сорго, продукт может изменяться в размере от треснутого (расколотого) зерна до порошкообразной муки. Для ячменя или овса обычно используют рифленые вальцы и продукт может различаться по размеру от сплющенного зерна до тонкой муки, однако оболочки не будут размолоты так, как это делается на других типах мельниц. Рифленые вальцы делают продукт, называемый вафельное (гофрированное) зерно, например, гофрированный овес.

Вальцовые мельницы производят менее пыльный корм, чем молотковые. Если корм не размолот слишком мелко, то его физическая текстура более приемлема для большинства видов животных. Вальцовые мельницы не используются для грубых кормов.

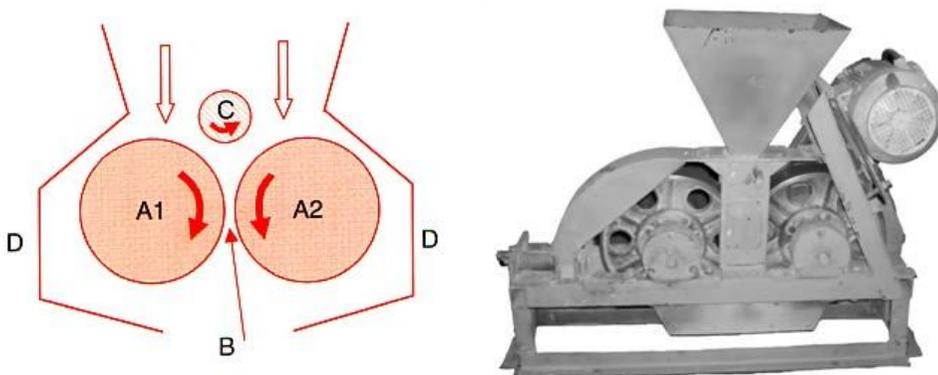


Рисунок 27.8 - Вальцовая мельница: А – вальцы (А1 – фиксированный, А2 - установка на пружине), В – межвальцовая щель, С – питающий вал, D – кожух. Справа – вальцовая мельница.

**Размол на молотковых мельницах (дробилках).** Переработка корма на молотковых дробилках с помощью вращающихся металлических пластин (молотков), которые пробивают размалываемые продукты через металлическое сито (рис. 27.9). Размер продуктов регулируется изменением сита с разным размером ячеек. Эти мельницы могут размалывать любое зерно, и продукт будет (неоднородным по размеру частиц) различаться от треснутого зерна до тонкой муки. Значительное количество пыли будет теряться в процессе размола и окончательный продукт обычно более пыльный, чем продукт от вальцовых мельниц.

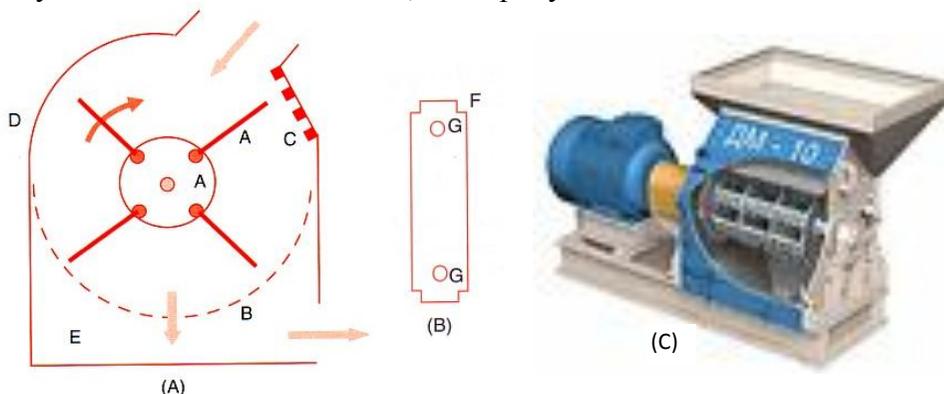


Рисунок 27.9 - Молотковая мельница-дробилка. (А) схема конструкции: А – держатель молотков; В – сито, С – отбойная плита, D – кожух, Е – принимающая камера: (В) – молотковые приспособления; F – ударный угол; G – крепежное отверстие; (С) молотковая дробилка зерновая ДМ-10.

### Переработка сырого зерна

**Сырое зерно.** Зерно, замоченное в течение 12-24 ч в воде, животные любят. Замачивание в теплой воде размягчает зерно, которое разбухает, делая продукт вкусным. Намоченное зерно следует пропустить через вальцовую мельницу перед использованием в рационах. Скармливание такого зерна показывает ощутимые преимущества в продуктивности животных. Однако, потребность в емкостях, проблемы в затратах ручного труда, возможности прокисания не способствуют широкому использованию этого метода.

**Реконституция.** Похожа на замачивание и включает добавление воды в сухое зерно, чтобы повысить влажность до 25-30% и хранить сырое зерно в бескислородном силосном бункере в течение 14-21 дней перед скармливанием. Этот процесс хорошо применим к сорго, в результате которого улучшаются пророст и конверсия корма в сравнении с тем, когда кормят высококонцентратным рационом с зерном, размолотым на вальцовых мельницах.

**Высоковлажное зерно.** Когда условия не позволяют нормально высохнуть зерну в поле, его убирают при высокой влажности (25-30%) и хранят в силосных или полиэтиленовых емкостях в виде консервированного зерна, которое могло бы испортиться, если его не засилосовать или не обработать химикатами. Зерно может быть размолото перед силосованием. Засилованное молотое зерно кукурузы как в чистом виде, так и вместе со стержнем початка (кочерыжкой) называется корнаж. Цельное консервированное зерно должно быть размолото или расплющено перед скармливанием. Эта технология избавляет от необходимости сушить зерно. Затраты на хранение могут быть относительно высокими, но высоковлажное зерно дает хорошие результаты при откорме. В частности, улучшается конверсия корма. Вместе с тем, силосованное влажное зерно не так легко продать или транспортировать.

**Консервированное кислотами высоковлажное зерно.** В связи с высокой стоимостью энергетических источников повышенный интерес приобретает исключение искусственной сушки убираемых зерновых культур. Результаты с ячменем или кукурузой для свиней, с кукурузой и сорго для крупного рогатого скота показали полезность использования кислот для консервирования высоковлажного зерна. Путем смешивания с 1 до 1,9% пропионовой кислоты, смеси уксусно-пропионовой кислоты с влажным зерном (20-30% влаги) цельной кукурузы или других зерновых тормозит развитие плесеней и порчу зерна, какого-либо отрицательного действия на животных в сравнении с кормлением сухим зерном не наблюдается.

**Обработка зерна теплом.** Методы, используемые для тепловой обработки зерна и других продуктов (таких как семена масличных и пища для домашних животных), включают обработку паром при плющении, производстве хлопьев, производстве лопающегося зерна, а также микронизацию, поджаривание, гранулирование и экструдирование. Обработка кормов под давлением в автоклавах является методом, которыми пытались поднять усвояемость питательных веществ. Однако, затраты на оборудование и его обслуживание сделали невозможным дальнейшее использование этого метода.

**Паровое плющение и флакирование зерна (flaking англ. – приготовление хлопьев).** Плющение пропаренного зерна с образованием хлопьев используют много лет, частично потому, что убиваются семена сорняков. Зерно подвергается действию пара в течение короткого времени (от 3 до 5 мин) перед плющением на вальцовой мельнице. Большинство опытов по кормлению пар-флакированным зерном показывает незначительное улучшение продуктивности животных в сравнении с кормами сухого плющения. Использование пара позволяет производить более крупные частицы почти при отсутствии пыли.

Паровые хлопья из зерна изготавливают тем же способом – плющением, но при относительно строгом контроле качества зерна и получения тонких плоских хлопьев. Опыты на животных показывают более высокие результаты при кормлении тонкими хлопьями, которые более эффективно поедаются, при этом повышается использование крахмальных гранул, физическая текстура становится более желательной. Паровое флакирование зерна кукурузы, ячменя и сорго обычно показывает повышенные приросты и эффективность корма. Увеличение времени парового флакирования (40, 60 и 80 мин) повышает доступность крахмала и приросты животных.

**Гранулирование.** Гранулы изготавливают путем размола кормовых компонентов или смешанного корма и пропускания через матрицу гранулятора. Корма обычно, но не всегда, обрабатывают паром перед размолом. Гранулы делают разной формы и размера, длине и степени твердости. Все домашние животные больше любят гранулы, чем мучные корма.

Значительная часть кормов для свиней и птицы производится в гранулированном виде. Однако, результаты со жвачными на высокозерновых рационах не выявили благоприятного действия из-за пониженного потребления гранулированного корма, хотя эффективность его обычно повышалась по сравнению с другими методами обработки. Гранулирование мелко размолотых кормов часто желательно, так как мелкие частицы теряются разными путями. Животные на гранулированных кормах не смогут сортировать и выбирать отдельные компоненты рациона в противоположность тому, когда рацион мучной. Добавки, такие, как белковые концентраты, гранулируются во многих случаях, чтобы не допустить сортировки корма самими животными.

**Лопание и микронизация.** Лопающаяся кукуруза производится путем сухого нагрева, вызывая резкий взрыв, который разрывает эндосперм семян. Этот процесс улучшает использование крахмала в рубце и кишечнике в результате снижения плотности зерна.

Микронизация – это то же самое, что и лопание, но с той разницей, что тепло обеспечивается в виде инфракрасной энергии.

**Экструдирование.** Экструдированное зерно или зерновые смеси приготавливают путем их пропускания через экструдер со специальным шнеком, который продавлиывает зерно через фасовочную головку. В процессе экструдирования зерно измельчается и нагревается, смешивается с другими компонентами, производя вздутые продукты, подобные «кукурузным палочкам». При этом часто крахмал расщепляется до декстринов, что желательно для молодых животных. Результаты кормления экструдированным зерном схожи с результатами других методов. Экструдирование более широко используется для рационов поросят, ранотнятых от маток, чем для взрослых животных.



Рисунок 27.10 – Экструдер для экструдирования пшеницы, кукурузы, гороха, сои

**Корма, обогащенные мелассой, жиром.** Мелассу или жир часто вводят на поверхность кормов во время процесса смешивания, чтобы улучшить вкус и снизить пылевидность. Жир повышает энергетическую ценность и улучшает легкость механического перемешивания.

Кормление свиноматок гранулированными кормами, обогащенными мелассой и жиром, улучшает живую массу поросят при рождении и молочность маток. Эффективность корма улучшается на 5-10% в результате меньших потерь корма за счет распыления.

#### **Проверочные вопросы:**

1. Доля зерна злаковых культур в обеспечении народонаселения и животноводства калориями, белком и лизином.
2. Строение зерновки злаков на примере пшеницы и кукурузы.
3. Зерновой крахмал, содержание и химический состав.
4. Белковые фракции зерна, их соотношение в зерне злаковых и бобовых культур.
5. Характеристика альбуминов и глобулинов зерна по аминокислотному составу.
6. Характеристика проламинов и глютелинов по аминокислотному составу.

7. Распределение белков и их аминокислотный состав в морфологических частях зерновки злаков.
8. Влияние сорта, удобрений, климатических условий на состав зерна злаков.
9. Питательная ценность зерна разных видов злаковых и бобовых культур (энергия, белок, лизин, Са, Р).
10. Способы повышения биологической ценности белка злаков (селекционные, обогащающие добавки лимитирующих аминокислот и др.)
11. Высоколизиновая форма кукурузы «Опак-2», питательная ценность и использование в рационах свиней и птиц.
12. Ячмень, состав и питательность, использование в кормлении животных.
13. Пшеница, состав и питательность, использование в кормлении разных видов сельскохозяйственных животных.
14. Тритикале, особенности состава, использование в кормлении сельскохозяйственных животных.
15. Методы переработки зерна, повышающие его питательность (размол, флакирование, экструдирование и др.).

#### **Литература**

1. Григорьев Н. Г. Биологическая полноценность кормов / Н. Г. Григорьев, Н. П. Волков, Е. С. Воробьев, А. В. Гарист, А. И. Фицев, Ф. В. Воронкова. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989.– 287 с.
2. Рядчиков В.Г., Мирошниченко Г.В., Хоренко Ю.П. Переваримость и использование азота у свиней при скармливании высоколизиновой и обычной кукурузы. Сельскохозяйственная биология, 1972., №5. с.740-745.
3. Рядчиков В. Г. Улучшение зерновых белков и их оценка. / В. Г. Рядчиков. – М.: «Колос», 1978. – 368 с.
4. Рядчиков В. Г. Мировые ресурсы растительного и животного белка. Аминокислотный состав. / В. Г. Рядчиков, Е. Н. Головкин, И. Г. Бескаравайная. – Краснодар, 2003. – 732 с.
5. Растительные и белковые корма. / Под ред. А. Алтшуль (А.М. Altschul). пер. с англ.– М.: «Колос», 1965. – 607 с.
6. Хелдт Г.-В. (Hans-Walter Heldt). Биохимия растений. Перевод с английского, под ред. профессора А.М.Носова, профессора В.В.Чуб. Москва БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 471 с.

## Глава 28. Белковые корма

Белок является одним из главных питательных веществ, особенно для быстро растущих молодых и высокопродуктивных взрослых животных, хотя по значимости он может быть вторым после энергии и других питательных веществ в определенных условиях. Белковые добавки обычно более дорогие, чем энергетические корма, в связи с чем важно выдерживать оптимальное количество белка в практических условиях кормления. Зерновая часть рационов лишь частично обеспечивает животных белком. Как правило, полная потребность в белке, особенно молодых животных решается за счет обогащения рационов высокобелковыми концентратами животного и растительного происхождения. Сбалансированность белкового питания (помимо его количества), необходимо регулировать по качеству, которое определяется содержанием незаменимых аминокислот.

### 28.1. Белковые корма растительного происхождения

**Жмыхи и шроты из семян масличных культур.** Жмыхи и шроты – это отходы, остающиеся после полного или частичного извлечения масла из семян масличных. Они богаты белком (20-50%), и большинство из них является ценным кормом для сельскохозяйственных животных. Соевый шрот составляет 38% производимых в мире белковых кормов. За последние годы важное значение приобрели рапсовый шрот – 23%, значительный вклад вносят подсолнечные жмыхи и шроты (18%) и цельные семена масличных – 3%. Остальные 21% составляют сезамовые, арахисовые, льняные и хлопковые шроты. Некоторые семена, такие как клещевина (*castor bean*), после удаления масла дают высокобелковые отходы, которые из-за содержащихся в них токсических веществ, не используются, а если используются, то в крайне ограниченном количестве.

Масло из семян масличных извлекают с помощью процесса давления, или путем экстракции органическими растворителями, обычно, гексаном. Арахис, семена хлопка, подсолнечника имеют твердую оболочку, богатую клетчаткой, которая из-за низкой переваримости снижает питательную ценность жмыхов и шротов. Ее можно полностью или частично удалить, процесс известен как «обрушение». Полное или частичное удаление подсолнечной лузги существенно повышает питательную ценность продукта. В процессе производства жмыхов методом шнекового прессования семена размалывают до хлопьев и частиц толщиной 0,25 мм и нагревают при 104°C в течение 15-20 мин. Затем для снижения влаги примерно до 3% температуру поднимают до 110-115°C. Материал после этого пропускают через перфорированный горизон-

тальный цилиндр, в котором вращается шнек, создающий давление в несколько сот килограммов на 1 см<sup>2</sup>. Температура обработки поднимается до 140°C. Масло выдавливается и стекает в специальную емкость, остаток (жмых) обычно содержит от 3 до 6% масла и 4-6% влаги.

Семена масличных с содержанием масла меньше 35% лучше подвергать экстракции растворителем. Семена с более высоким уровнем масла, первый раз подвергают шнековому прессованию, после этого частично обезжиренный материал экстрагируют растворителем. Остаток-масла в продукте обычно не превышает 1%. Некоторые шроты в результате нагревания улучшают свои питательные свойства. Тостирование (прогрев с пропуском пара) соевого шрота обеспечивает нейтрализацию трипсинового ингибитора и удаление растворителя. Около 95% азота в шротах присутствует как чистый белок, коэффициент переваримости которого составляет 0,75-0,90.

Некоторые белки семян масличных приближаются к белкам животного происхождения, например, некоторым сортам рыбной и мясной муки, хотя по качеству не так хороши, как последние. Определенно, они уступают по качеству белкам молока и яйца. Показатели эффективности белка (ЭБ) и коэффициентов утилизации белка (КУБ) довольно разные. Например, арахисовый белок имеет плохой баланс лизина, метионина и цистина, он не может обеспечить хорошую сбалансированность комбикормов по незаменимым аминокислотам, поэтому его следует использовать вместе с животными белками или добавками недостающих аминокислот при кормлении моногастричных животных.

Высокая температура и давление при производстве жмыхов могут снизить доступность лизина, переваримость и питательную ценность белка. Для жвачных такая денатурация может быть полезной в связи со снижением распадаемости белка. Экстракция растворителем без дополнительного прессования обеспечивает питательность белка почти такую же, как оригинальное сырье.

Прогрев семян масличных способствует существенному сохранению энергии. Много зависит от процесса производства. Соевый жмых может иметь масла 6,6% СВ и концентрацию ОЭ – 14,0 МДж в 1 кг СВ. Нарушение пищеварения может быть при неконтролируемом использовании жмыхов, богатых маслом. В результате кормления ими животных жир молока или жир тела могут быть мягкими, и качество туш понижается.

Семена масличных обычно содержат много фосфора, при низком содержании кальция. Они являются хорошими источниками В-витаминов, но мало содержат каротина и витамина Е.

### **28.1.1. Растительные белковые концентраты**

**Соевый шрот и жмых.** Соя (*Glycine max*). Родина происхождения сои – Китай. Основные производители сои: США (70-90 млн т),

Бразилия (50-60 млн т), Аргентина (40-50 млн т), Китай (20-40 млн т), Индия (6-7 млн т), Канада (3 млн т). В Российской Федерации производство сои - менее 1 млн т при потребности 7-8 млн т в год. Основные районы выращивания сои: Краснодарский, Ставропольский, Приморский и Хабаровский края, Амурская область. Сырые соевые бобы содержат до 40-48% белка и до 18-22% масла. Соя является экономически выгодной культурой. Белок биологически полноценный для животных и человека. Запасные белки сои представлены, в основном, глобулинами ( $\alpha$ -,  $\beta$ -, и  $\gamma$ -конглицинины, глицинины и другие), различающимися по молекулярной массе от 140000 до 300000 Да.

В семенах сои содержатся биологически активные белки:  $\beta$ -амилаза, цитохром С, лектин, липоксигеназа, уреазы; антипитательные вещества: ингибитор трипсина Кюнитца (Kunitz), ингибитор химотрипсина и трипсина Боуман – Бирка (Bowman – Birck), и кроме того, вторичные метаболиты: изофлавины, сапонины, фитиновая кислота, газобразующие олигосахариды и гойтерогены.

Переработка соевых бобов улучшает переваримость и разрушает большинство ингибиторов, но в то же время может привести к образованию неестественных аминокислот, таких как фруктозил – лизин в результате реакции между белком и углеводом, а также лизиноаланин и D – аминокислоты при высоком pH. Эти соединения лизина и D-формы не используются животными.

Таблица 28.1 – Химический состав жмыхов и шротов из семян масличных, 87-90% СВ

Показатели	Подсолнечный		Соевый		Рапсовый		Хлопковый	
	жмых	шрот	жмых	шрот	жмых	шрот	жмых	шрот
ОЭ (свинья), МДж в 1 кг	9,62	8,12	12,13	13,31	13,2	11,67	11,7	11,36
ОЭ (птица), МДж в 1 кг	9,83	9,37	11,71	10,88	9,88	9,37	9,71	9,00
ОЭ (жвачные), МДж в 1 кг	12,2	9,5	15,1	13,3	11,3	12,0	12,66	12,36
Сырой белок, %	36,0	38,0	42,0	44,0	32,5	35,6	39,5	41,0
Сырая клетчатка, %	15,6	16,4	6,5	7,0	11,5	11,0	12,6	13,5
НДК, %	48,4	55,9	12,0	13,3	27,3	28,5	25,7	28,4
КДК, %	37,2	38,8	8,5	9,4	18,0	18,0	15,0	18,0
Лизин, %	1,2	1,25	2,60	2,88	1,84	2,1	1,65	1,72
Метионин, %	0,82	0,87	0,61	0,64	0,70	0,74	0,67	0,69
Цистин, %	0,45	0,64	0,53	0,7	0,82	0,91	0,69	0,7
Триптофан, %	0,38	0,43	0,6	0,6	0,41	0,45	0,54	0,48
Треонин, %	1,0	1,04	1,65	1,71	1,5	1,59	1,34	1,36
Са, %	0,43	0,25	0,2	0,32	0,71	0,63	0,23	0,19
Р общ., %	1,0	1,0	0,6	0,65	1,0	1,01	1,03	1,06
Р дост., %	0,14	0,07	0,3	0,32	0,28	0,22	0,09	0,08

При производстве соевого шрота масло удаляется экстракцией растворителем, или в результате комбинации механического выдавливания и химической экстракции. После размола хлопьевидный материал из сырых соевых бобов тостируется (нагревание до 110°C с пропуском пара), этот метод улучшает биологическую ценность белка в результате разрушения антипитательных веществ; содержание белка в соевых шротах стандартизировано на уровне 44% или 50%. Снижение содержания белка в шроте делают путем разбавления соевой шелухой. Приготовленные из сои пищевые и кормовые продукты являются высокопитательными из-за своего вкуса, хорошей сбалансированности по аминокислотам (почти на уровне животных кормов), высокой переваримости и энергетической ценности. При кормлении разных видов животных соевые корма дают хорошие результаты. Метионин является наиболее лимитирующей аминокислотой в соевом белке для свиней и птиц. Соевый шрот является наилучшим из растительных белковых кормов (табл. 28.1).

Вместе с тем, сырые соевые бобы имеют ряд токсичных, стимулирующих и ингибирующих веществ. Например, гойтерогенные вещества найдены в соевой муке, длительное использование может привести к базедовой болезни у некоторых животных. Они могут содержать антигены, которые особо токсичны для молодых предрубцовых жвачных. Главная опасность для нежвачных состоит в присутствии трипсинового ингибитора, который подавляет переваримость белка и снижает рост животных. Эти ингибиторы и другие факторы (сапонины и гемагглютинины) инактивируются при правильной тепловой обработке в процессе изготовления шрота. Соевые бобы содержат также генистин - растительный эстроген, который может в некоторых случаях быть рост усиливающим фактором. В настоящее время во Всероссийском институте масличных культур им. В. С. Пустовойта (Краснодар) созданы сорта Фортуна, Веста с пониженным на 15-30% содержанием трипсинового ингибитора. Однако такое снижение не решает проблемы токсичности сырой сои.

Цельные соевые бобы можно скормливать как главный источник энергии и белка после соответствующего прогрева (100°C в течение 10-15 мин), автоклавирования при давлении 1 атм. и температуре 121°C, чтобы инактивировать трипсиновый ингибитор (табл. 28.2). Высокой питательностью обладает полножирная соевая мука; она содержит 38% СБ, 18% – жира и 5% – СК. Метод экструдирования разработан для обработки сырых соевых бобов на фермах и является полезным, не требующим больших трудовых затрат. Экструдированная полножирная мука из соевых бобов, при умеренном включении в рацион, хорошо действует на продуктивность коров, свиней и птицы

Таблица 28.2 – Эффективность непрогретой, автоклавированной сои и шрота в рационах поросят (Рядчиков В. Г., 1979)

Показатели	Мука из соевых бобов	Соевые бобы автоклавированные	Соевый шрот
Активность уреазы (рН)	2,25	0,05	0,00
Общий лизин, г/100 г белка	6,5	6,0	6,2
Доступность лизина по ДБЦ	54,0	53,5	49,5
Потребление корма, кг/гол/день	0,64	0,94	0,94
Среднесуточный прирост, г	89	318	294
Живая масса в 60 дн., кг	8,97	18,2	17,09
Затраты корма на 1 кг прироста, кг	7,19	2,96	3,31

**Хлопковые жмыхи и шроты.** Семена хлопка (*Gossypium spp.*) производят во многих странах. Хлопковый шрот содержит около 40% сырого белка, в котором недостаточно цистина, метионина и лизина. Мало в хлопковых продуктах кальция и каротина, в то же время, жвачные его едят с аппетитом. Вместе с тем, ему присущи и недостатки. Семена содержат желтый пигмент госсипол, который среднетоксичен для нежвачных, особенно для поросят и цыплят. Кроме того, кормление хлопковым шротом снижает качество яиц, так как госсипол вызывает зеленый цвет желтка. Стеркуловая кислота, которая обнаружена в хлопковом шроте, может вызывать порозовение яичного белка. В хлопковых жмыхах содержится 200-500 мг свободного госсипола в 1 кг, в предварительно прессованном и затем экстрагированном растворителями – 200-700 мг, в экстрагированном до 1000-4000 мг на 1 кг.

Госсипол связан со свободными  $\text{NH}_2$ -группами белка или находится в свободной форме, его можно удалить с помощью растворителей. Токсичность госсипола можно нейтрализовать серноокислым железом. Производство жмыха методом прессования способствует, существенному обезвреживанию госсипола. В рационах свиней и птиц содержание госсипола не должно превышать 100 мг на 1 кг СВ, а количество хлопковых кормов 50-100 кг в 1 т комбикорма. Для крупного рогатого скота и овец приемлемо 500 мг госсипола/кг СВ рациона.

**Рапсовый шрот.** Производство семян рапса (*Brassica napus*) постоянно растет, особенно, в европейских странах. Выделение масла из семян путем предпрессовой экстракции, производит продукт с 40% белка, 14% клетчатки, обменной энергии для птиц 8,0 МДж в 1 кг СВ, для свиней 11,7 МДж в 1 кг СВ и для жвачных 12,0 МДж в 1 кг СВ. Перева-

римость белка ниже, чем у сои, однако, баланс аминокислот вполне благоприятный, несколько меньше лизина, но больше метионина, чем в белке сои. Содержание кальция и фосфора удовлетворительное, причем содержание последнего больше, чем в жмыхах и шротах других масличных.

В прошлом рапсовые корма в очень ограниченном количестве вводили в рационы свиней и птицы, так как в семенах сортов рапса прошлых лет содержалось большое количество вредных веществ – глюкозинолатов, которые под действием фермента мирозиназы образуют тиоглюкозидазы. В разных условиях они могут присутствовать в виде изотиоцианатов, органических тиоцианатов, нитрилов и 5-винилоксазолидин-2-тиона (гойтрин). Они оказывают токсическое действие, вызывая базедову болезнь, поражение печени и почек.

Их присутствие не является серьезной проблемой для жвачных животных, хотя отмечается снижение аппетита, некоторое поражение печени и пониженное образование летучих жирных кислот, когда рапсовые токсины в значительных количествах вводили через рот. Корм с высоким содержанием глюкозинолатов снижает у свиней аппетит, рост и качество туши. У поросят отмечена пониженная жизнестойкость, увеличенная щитовидная железа, когда их матери потребляли корм с высоким содержанием глюкозинолатов.

Семена рапса содержат также эруковую кислоту, которая в специальных экспериментах, вызывала сердечные заболевания у опытных животных. Однако, эта проблема маловероятна для животных в практических условиях, поскольку эруковая кислота уходит с маслом при экстракции. Глюкозинолаты больше не являются столь острой проблемой, когда рапсовый шрот потребляется как корм, произведенный из современных сортов. Потенциальное использование низкоглюкозинолатных рапсовых шротов в рационах для поросят и птицы резко возросло, но при этом необходимы добавки аминокислот, особенно лизина. Следует помнить, что антипитательные факторы все же присутствуют в жмыхах и шротах из семян низко- и безглюкозинолатных(00) сортов рапса. Это нужно учитывать при кормлении раноотнятых поросят и племенных животных, чтобы не ухудшить приплод. На основе исследований рекомендуют вводить в комбикорм бройлеров до 24% рапсового шрота «00» – сортов, для ремонтного молодняка от 11 до 17%, кур-несушек – 17-20%.

Семена рапса часто содержат танины, которые являются полифенольными веществами, образующими соединения с белками и углеводами, устойчивые к энзимам и, в конечном счете, понижающими переваримость. Такое же может происходить в результате присоединения танинов к пищеварительным ферментам с потерей активности послед-

них. Танины могут поражать слизистую кишечника и ухудшать всасывание железа.

Таблица 28.3 – Оптимальные количества рапсового шрота в комбикормах свиней, кг/т

Показатели	Высокоглюкозинолатный шрот	Низкоглюкозинолатный шрот
Поросята (7-15 кг ж.м.)	40	65
Растущие свинки (15-45 кг ж.м.)	50	110
Откормочные (> 45 кг)	80	150
Свинки	0	110
Свиноматки	30	120

У кур, несущих яйца с коричневой скорлупой, получают яйца с привкусом рыбы, когда рапсовый шрот включают в рацион. Это происходит из-за неспособности птиц окислять триметиламин, произведенный из полифенольного холинового эфира синапина.

Для жвачных рапсовый корм можно использовать как единственный источник белка.

**Подсолнечные шрот и жмых.** В России производство семян подсолнечника (*Heliantus annuus*) составляет более 80% производства всех видов семян масличных. Таким образом, высокобелковые корма у нас представлены, в основном, подсолнечными жмыхами и шротами. Шрот производится путем удаления масла из семян с помощью гидравлического пресса с последующей экстракции растворителем, жмых – путем шнекового прессования. В зависимости от количества удаленной лузги получают продукты с разным содержанием сырой клетчатки, от 10 до 15% СВ, и разной энергетической ценности.

Содержание сырого белка в шротах различается от 30 до 42%, в белке значительно меньше содержится лизина, но почти в 1,5 раза больше метионина, чем в белке сои. Концентрация обменной энергии от 9,3 до 11,2 МДж в 1 кг СВ для птиц, крупного рогатого скота и овец соответственно. Для свиней содержание энергии 10,6 МДж в 1 кг СВ приемлемо. Жмых имеет более высокое содержание масла, чем шрот, ниже содержание сырой клетчатки и сырого белка, обменная энергия около 12 МДж в 1 кг СВ для крупного рогатого скота. Подсолнечное масло характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот и может быть причиной мягкого шпика у свиней. Масло очень восприимчиво к окислению, поэтому мука из жмыха быстро прогоркает. Считают, что максимальное включение в рационы подсолнечных жмыхов и шротов может составлять около 20% для взрослого крупного рогатого скота, 15% – для взрослых овец, 2,5% – для растущих свиней, 5%

– для откорма, 10% – для свиноматок, для кур – 15%. Наши исследования о включении подсолнечного шрота до 30% в рационы кур-несушек при обогащении рационов подсолнечным маслом, лизином, треонином и целлюлозолитическим ферментом обеспечили яйценоскость на уровне 84,5% за 10 месячный период яйцекладки.

**Льняные шроты и жмыхи.** Льняное семя (*Linum hypogaea*) является уникальным среди других семян масличных по содержанию слизистого муцинового вещества, от 3 до 10%, последний совсем не переваривается нежвачными животными, однако, может расщепляться микробами рубца. Он легко диспергируется в воде, образуя вязкую среду. Незрелые семена льна содержат небольшое количество цианогенных гликозидов, линамарин и энзим линазу, который способен гидролизовать линамарин с образованием синильной кислоты – HCN. Она чрезвычайно токсична. Смерть в результате реакции цианида с цитохромоксидазой приводит к немедленному прекращению клеточного дыхания и удушению. Низкотемпературное удаление масла не удаляет линамарин и линазу, которые устойчивы. Шрот, полученный таким путем токсичен, когда его дают в виде болтушки, поскольку образование цианида происходит в присутствии воды. Мука безопасна, если ее дают в сухом виде, так как рН желудочного сока у свиней низкий, поэтому линаза инактивируется. При нормальном процессе производства шрота или жмыха линаза и большая часть линамарина разрушаются и корма становятся безопасными. У жвачных животных синильная кислота (цианистый водород), образованная с помощью линазы, всасывается в кровь очень медленно, при этом происходит ее быстрая детоксикация в печени и экскреция через почки и легкие, в результате чего ее концентрация не достигает токсического уровня в крови. Жмых и шрот должны содержать менее, чем 350 мг синильной кислоты в кг при содержании не более 12% воды.

Есть данные, что льняной шрот обладает защитным действием от селенового отравления. Белок семян льна отличается плохим качеством, в нем мало лизина и метионина. Он имеет умеренное содержание кальция, но - много фосфора, часть которого присутствует в виде фитата; является хорошим источником витаминов – тиамина, рибофлавина, никотинамида, пантотеновой кислоты и холина.

Льняные корма особенно успешно используют при кормлении жвачных. Возможно, это вызвано способностью муциновых веществ связывать большое количество воды и увеличивать объем потребленного корма; это может увеличить время нахождения корма в рубце и улучшить микробное пищеварение. Смазывающие свойства муцина защищают стенку желудка от механических повреждений, что в совокуп-

ности с большим объемом регулирует экскрецию, предотвращая запор без вызывания поноса. Льняные корма при откорме слабо способствуют получению более высоких приростов живой массы, чем при других растительных белковых концентратах; в то же время, скот становится очень хорошего лоснящегося вида, хотя жир тела может быть мягким. Льняной шрот хорошо поедается коровами, однако есть тенденции получения мягкого масла, которое восприимчиво к окислительному прогорканию.

Льняной шрот – отличный корм для поросят, когда его дают с белковыми добавками животного происхождения, богатыми лизином, метионином и кальцием, а зерновую часть составляет кукуруза.

Льняные корма – не желательны для включения в рацион птиц. Снижение роста цыплят отмечали при включении 50 кг шрота на тонну комбикорма, а также гибель индеек при включении 100 кг на 1 т. Отрицательного действия не наблюдали после автоклавирования шрота или при увеличении витамина В<sub>6</sub> в рационе; полагают, что необработанная мука содержит неуставленные антипиридоксиновые факторы. Некоторые считают, что вредное действие связано с муциновыми веществами, которые накапливаются как клейкая масса на клюве, снижая способность есть корм. Кормление гранулами может преодолеть эти недостатки. Уровень льняных кормов в рационе птицы не должен превышать 30 кг/т.

**Прочие белковые концентраты.** Помимо вышеописанных источников белка, в странах, где доминирует производство таких масличных культур, как арахис, кунжут (сезам), клещевина и некоторых других, там производят соответствующие белковые корма после экстракции масла из семян. Их состав дан в приложении 17. Белок этих культур беден лизином, большинство содержат вредные для животных гликозиды, поэтому используются в ограниченных количествах.

Продукты переработки кукурузы: глютен (60-70%СБ), глютеносодержащая мука, глютеносодержащий корм (с отрубями), отходы крупяного производства (отруби, зародыши, эндосперм), кукурузный зародыш и жмых из зародыша. Продукты от переработки кукурузы отличаются высокой переваримостью питательных веществ и доступностью аминокислот (86-88%).

**Глютеносодержащая мука – это высокобелковый высокоэнергетический корм.** Она лучше сбалансирована по метионину с цистином, по сравнению с соевым шротом, но уступает ему по содержанию лизина. Включение глютеносодержащей муки в рацион повышает поедаемость корма птицей и ее продуктивность. В опытах ВНИТИП, включение 6-8 % муки в рацион бройлеров способствовало увеличению живой массы в 44-дневном возрасте с 1882 до 1947 г при различиях, близких к статистиче-

ски достоверному уровню. Конверсия корма составляла 2,05 и 2,0 на 1 кг прироста живой массы, а сохранность – 92,5 и 97,5%.

**Кукурузные зародыши** содержат повышенное количество жира и витамина Е. Ввод этих кормов в рационы в количестве 1-3% (можно до 5%) связан с малым производством данных кормов. Они быстро прогоркают при хранении, поэтому их качество следует контролировать по кислотному и перекисному числу жира соответственно (<20 мг и <0,03%).

## 28.2. Семена бобовых

Бобовые (Leguminosae) для питания людей и как корм для сельскохозяйственных животных производят с древнейших времен. Семейство бобовых насчитывает около 12000 видов, однако в культуре используется совсем незначительное число. В мире среди них больше всего производится нута (*Cicer arietinum*), гороха (*Pisum sativum*), фасоли (*Phaseolus*), вики (*Vicia sativa*), чечевицы (*Lens esculenta*), чины (*Lathyrus sativum*), люпина (*Lupinus*).

В России наибольший объем производства занимает горох, который используют как в питании людей, так и в кормлении сельскохозяйственных животных. Содержание белка в горохе составляет 24-27%. Белок отличается высоким содержанием лизина (7-7,5 г/100г СБ), но недостаточно метионина (около 1-1,2 г/100г СБ) (табл. 28.4).

Таблица 28.4 – Состав зерна бобовых

Показатели	Бобы конские	Горох	Люпин	Соя	Чечевица	Коровий горох
ОЭ(свины), МДж/кг	12,8	13,43	13,83	16,57	14,4	13,43
ОЭ(птицы), МДж/кг	11,09	11,09	10,46	13,81	12,6	11,09
ОЭ(жвачные), МДж/кг	12,7	13,2	11,9	16,0	12,0	12,1
Сырой белок, %	27,3	23,0	36,0	37	25	23
Сырой жир., %	1,6	1,5	16,0	19,0	1,3	1,5
Сырая клетчатка, %	7,0	6,5	11,0	5,5	5,4	6,5
НДК, %	13,7	12,7	20,3	13,9	21,6	12,7
КДК, %	9,7	7,2	16,4	8,0	16,4	7,2
Лизин, %	1,77	1,5	1,6	2,28	1,78	1,5
Метионин, %	0,22	0,22	0,3	0,51	0,2	0,22
Цистин, %	0,34	0,29	0,5	0,55	0,28	0,29
Триптофан, %	0,25	0,22	0,27	0,49	0,2	0,22
Треонин, %	0,99	0,8	1,22	1,35	0,87	0,8
Са, %	0,11	0,11	0,22	0,25	0,1	0,11
Р общ., %	0,54	0,39	0,51	0,59	0,38	0,39
Р дост., %	0,13	0,15	0,1	0,11	0,1	0,15
Крахмал., %	41,0	47,0	26,5	2,0	44,0	37,0

**Горох.** Включение гороха в рационы растущих свиней (ж.м. 25-50 кг) в количестве 20-25% не вызывало отрицательного действия на рост по сравнению с контрольными свиньями на рационе с соевым шротом, количество которого было эквивалентным по содержанию. При замене соевого шрота эквивалентным по лизину количеством гороха в рационах наблюдался более низкий рост рано отнятых поросят. На рационе с автоклавированным горохом приросты не отличались от таковых у поросят на рационе с соевым шротом.

Горох благоприятно сказывается на продуктивности молочных коров и молодняка крупного рогатого скота, его можно вводить до 20% в комбикорма для бройлеров и кур-несушек.

**Люпин.** Ценность семян люпина заключается в высоком содержании белка (от 30 до 40%). Прежние сорта люпина содержали в семенах большое количество алкалоидов, поэтому практически в кормлении животных не использовались. В настоящее время созданы безалкалоидные или с ограниченным их содержанием в семенах сорта люпина. Сорта люпина желтого: Брянский 17, Брянский 27, Брянский 6, Брянский 81, Дружный 165, Жемчуг, Ипатьевский, Пересвет, Родник; люпина узколистного: Брянский 110, Брянский 123, Брянский Л-3, Дикаф 14, Кристалл, Ладный, Надежда, Немчиновский 846, Немчиновский 97, Снежень, Тимир 1, Узколистный 109; люпина белого: Гамма, Дега, Дельта, Деснянский, Мановицкий, Старт.

Семена желтого люпина содержат большее количество алкалоидов по сравнению с белым и синим. Сладкие сорта люпина, или так называемые, безалкалоидные получены в результате длительной селекции желтого люпина для кормовых целей. Кормовой люпин - ценный дополнительный белковый корм, используется для продуктивных животных в виде зерна (размолотого), зеленой массы, сенажа и силоса. Однако нет ни одного сорта люпина, который был бы совершенно свободен от алкалоидов. В семенах горьких сортов люпина содержится от 1 до 3% алкалоидов (люпинин, люпанин и др.). В семенах сладких безалкалоидных сортов содержание алкалоидов составляет 0,008% (желтый люпин), 0,1% (синий) и 0,12% (белый люпин).

Зерно желтого люпина с алкалоидностью 0,07% вводят в комбикорм супоросных и подсосных свиноматок в количестве 10-15%, растущих свиней 15-16%.

Кормовой люпин в количестве 20% от общего содержания сырого белка можно включать в рационы коров и молодняка крупного рогатого скота.

В корм птице рекомендуются только сладкие (безалкалоидные) сорта: 10% для молодняка и 15% для взрослого поголовья. Эффективным способом повышения питательности люпина является обработка зерна на экструдере. Замена 10-15% соевого шрота экструдированным люпином в рационах бройлеров не оказала отрицательного влияния на их живую массу, а затраты корма на 1 кг прироста живой массы уменьшились на 0,1 кг. Норму экструдированного люпина в рационах молодняка можно повысить до 10%, для взрослой птицы – до 15%. При этом доводят до нормы содержание метионина и лизина, а уровень витаминов группы В увеличивают в 2 раза.

**Вика.** Высокобелковый корм (23-37% белка), богатый лизином и бедный метионином и цистином. Факторами, ограничивающими использование вики в рационах птицы, являются антипитательные вещества: цианосодержащие глюкозиды и ингибиторы трипсина. В современных сортах вики содержание цианглюкозидов колеблется в пределах 0-11 мг/100 г сухого вещества и ингибиторов трипсина 25-208. Около 44% изученных селекционных сортов вики яровой не содержали глюкозидов. В опытах, проведенных во ВНИИ кормов, установлено, что в 100 г рациона птицы должно содержаться не более 9 мг цианглюкозидов и 25-30 мг ингибиторов трипсина. Введение в полнорационные комбикорма для бройлеров 15% вики яровой, вместо соевого шрота, не оказало отрицательного влияния на среднесуточные приросты живой массы молодняка, затраты кормов на 1 кг прироста и сохранность поголовья. В опытах, проведенных на бройлерах, получавших 10% вики с цианглюкозидами (до 9 мг/100 г), снижались живая масса и сохранность поголовья (на 10-15%). Вику с низким содержанием глюкозидов (6 мг, ингибитор трипсина 25-30 мг/100 г) можно использовать в рационах молодняка в количестве до 5%, для взрослой птицы – до 10%.

### **28.3. Белковые корма животного происхождения**

Белковые корма получают из животных продуктов, прежде всего, из несъедобных частей, при производстве мяса и мясных продуктов на мясокомбинатах, а так же из молока или молочных отходов, из рыбных продуктов. Корма животного происхождения включают мясную, мясокостную, кровяную муку, перьевую муку; молочные продукты: сухое цельное молоко, сухое обезжиренное молоко (обрат), сухая пахта, сухая молочная сыворотка; рыбные продукты: мука из цельной рыбы (разных видов), мука из рыбных отходов и других морепродуктов, белковые

концентраты из рыбы. Эти корма имеют высокое содержание биологически полноценного по содержанию аминокислот белка (табл. 28.5).

Таблица 28.5 – Состав кормов животного происхождения.

Показатели	Сухое обезжиренное молоко	Мясокостная мука	Рыбная мука (селедочная 70%)	Кровяная мука обычная	Кровяная плазма	Сухие клетки крови	Мука перьевая гидролизованная
ОЭ (свинья), МДж/кг	15,54	12,22	13,6	9,83	16,65	-	10,4
ОЭ (птица), МДж/кг	15,07	9,83	11,51	11,84	16,65	-	9,87
ОЭ (жвачные), МДж/кг	15,0	9,5	13,9	15,0	-	-	13,9
Сырой белок, %	35,0	49,5	68,5	77,1	90	92	84,5
Сырая клетчатка, %	-	-	-	-	-	-	-
НДК, %	-	31,6	-	13,6	-	-	-
КДК, %	-	8,6	-	1,8	-	-	-
Лизин, %	2,31	2,4	4,79	7,04	6,8	8,5	2
Метионин, %	0,86	0,6	1,8	0,99	0,8	0,8	0,61
Цистин, %	0,31	0,6	0,6	1,09	2,6	0,6	3,98
Триптофан, %	0,5	0,2	0,7	1,08	1,4	1,1	0,58
Треонин, %	1,74	1,6	2,52	4,05	4,7	3,4	3,51
Са, %	1,31	10	2,4	0,37	0,15	0,2	0,33
Р общ., %	1	4,5	1,76	0,27	1,71	0,86	0,5
Р дост., %	0,9	3,6	1,7	0,25	1,6	0,8	0,15

**Мясная мука, мясокостная мука.** Использование мясной и мясокостной муки в рационах молочного скота в ряде западных стран запрещено из-за угрозы спонгилеза и энцефалопатии. Поэтому мясные корма почти исключительно используются для свиней, птиц и домашних животных, хотя могут использоваться в рационах коров с высокой молочной продуктивностью (10-12 тыс. кг). Качество этих кормов очень сильно различается в зависимости от пропорции костей, жил и мускулистого сырья, методов и температуры производства. Биологическая ценность этих белков, определяемая содержанием незаменимых аминокислот, в целом ниже белков рыбной муки или соевого шрота. Исследования на свиньях показали, что эти продукты являются наилучшими, когда используются как часть, а не как основной источник белка в рационах.

**Кровяная мука** – высокобелковый продукт (80-85% СБ в СВ), однако, очень мало содержит изолейцина, используется как часть белковой добавки в рационе. Сухая плазма крови в настоящее время используется в стартерных рационах для раноотнятых поросят с целью повышения аппетита после отъема поросят от матки. Характер действия, вызывающего аппетит и рост, относят на присутствие в плазме

пептидных ростовых факторов, которые стимулируют формирование и функции клеток слизистой кишечника, а также улучшают иммунитет.

**Отходы птицефабрик.** Наиболее важным белоксодержащим отходом является перо и изготавливаемая из него гидролизная перьевая мука. Перьевая мука содержит до 85% белка, но мало лизина, богата цистином, поэтому используется для балансирования рационов по серусодержащим аминокислотам. Перьевую муку можно использовать для моногастричных, для жвачных она является удовлетворительным белком. Муку из другого кератиносодержащего сырья (волос) также можно использовать. Как перья, так и волосы требуют интенсивного проваривания или кислотного гидролиза, чтобы повысить переваримость белка. Более высокой биологической ценностью белка отличается мука из перьев вместе с боенскими отходами от переработки птиц. Яичный порошок, производимый из яиц с поврежденной скорлупой, используют в престаартерных и стартерных рационах для рано отнятых от маток поросят, а также цыплят.

**Молочные продукты.** Снятое или цельное сухое молоко являются прекрасными продуктами, хотя более дорогими по сравнению с другими белковыми концентратами. Эти продукты используются преимущественно в заменителях цельного молока или стартерных кормах для поросят раннего отъема. Качество сухого молока ухудшается при перегреве в процессе высушивания (барабанная сушка); поэтому, сухое молоко распылительной сушки более предпочтительно. Молоко плохого качества в заменителях приводит к диарее и нарушению пищеварения.

Сухая молочная сыворотка является ценным компонентом стартерных кормов для рано отнятых поросят из-за высокого содержания хорошо усвояемого сахара лактозы. Содержание белка – низкое (от 13 до 16%), однако, белок обладает высокой биологической ценностью по составу незаменимых аминокислот и высокой их усвояемостью.

**Белковые концентраты из морских продуктов.** Рыбная мука производится двух типов – одна из рыб, специально вылавливаемых для производства муки, другая – из рыбных отходов от переработки рыбы (внутренние органы, кости, головы, плавники). Селедочные или подобные виды являются основным сырьем для производства рыбной муки. Эти виды содержат много жира, большая часть которого удаляется в процессе производства рыбной муки. Помимо рыбной муки производятся также концентраты и изоляты рыбного белка.

Хорошего качества рыбная мука является отличным источником белка (63-65%) и аминокислот, близкого к белку молока. Рыбная мука очень богата незаменимыми аминокислотами, в том числе лизином и метионином. Она является также хорошим источником витамина В<sub>12</sub> и минеральных веществ. Рыбная мука очень эффективна как компонент

комбикорма для свиней и птиц, хотя стоимость такого комбикорма существенно выше, чем, например, с соей. Некоторое количество рыбной муки используют в рационах высокопродуктивных коров, а так же обезжиренную рыбную муку в составе ЗЦМ для телят.

Качество рыбной муки сильно варьирует в зависимости от свежести рыбного сырья перед сушкой или нарушения температурного режима сушки. Избыток жира может привести к прогорклости, а недостаточное высушивание – к появлению плесеней, перегрев – к потере биологической ценности белка. Даже при хорошем качестве муки высокий ее уровень в рационах свиней или бройлеров, может придавать мясу неприятный запах рыбы, особенно, если мука содержит много рыбьего жира.

#### **28.4. Побочные продукты крахмало-паточного, спиртового, сахарного производства**

К этой группе кормов относятся картофельные и кукурузные выжимки, солодовые ростки, пивная дробина, пивные дрожжи, барда, свекольный жом, меласса и др.

**Солодовые ростки.** При приготовлении солода ячмень проращивают. Высушенные ростки ячменя используют в корм. Питательность их ниже питательности зерна и отрубей. Перед скармливанием солодовые ростки намачивают в воде и смешивают с другими кормами. Они нестойки при хранении и во влажном помещении быстро плесневеют.

**Пивная дробина.** Сушеная пивная дробина считается хорошим кормом и может храниться длительное время. В рационы свиней включают 0,5-1 кг сушеной дробины.

**Барда** бывает кукурузная, ржаная, картофельная. Сушеную барду вводят в рационы всех групп свиней и крупного рогатого скота. Ею можно заменять часть концентрированных кормов. Перед скармливанием ее слегка размачивают до состояния густой каши и смешивают с другими, кормами. Сырую барду используют при откорме крупного рогатого скота в смеси с концентратами и грубыми кормами.

**Свекловичный жом** – отход сахарного производства. Производится в свежем, сухом и силасованном виде. Жом беден белком и минеральными веществами, поэтому скармливают его в составе полнокомпонентной кормовой смеси коровам и другим группам крупного рогатого скота в количестве 5-10% сухого вещества рациона. В такие рационы добавляют витаминно-минеральные премиксы.

**Меласса** (свекловичная патока) – важный источник энергии, богатый сахаром (48-52%) для молочного скота. Скармливают коровам от 0,8 до 1,5 кг на голову в день. Патока улучшает вкусовые качества корма и улучшает микробную ферментацию в рубце. Перед использованием мелассу разводят водой (на 1 часть – 3 части воды). Меласса имеет высокое содержание золы (8-10%), при этом на калий приходится 6%,

поэтому при скармливании более 1,5 кг возможно появление диареи. По видимому скармливать мелассу коровам в предотельный период нецелесообразно, так как она может сдвинуть катионно-анионный баланс резко в щелочную сторону, что нежелательно.

Таблица 28.6 – Состав сухого вещества побочных продуктов зернового и крахмало-паточного производства.

Показатели	Пшеничные отруби	Зерно кукурузы от спиртовой барды	Пивная дробина	Кукурузный глютенный корм	Рисовые отруби с зародышем	Свекловичная патока
ОЭ(свины), МДж/кг	9,54	11,36	8,53	11,3	11,1	12,0
ОЭ(птицы), МДж/кг	5,44	8,25	8,10	15,56	12,13	11,8
ОЭ(жвачные), МДж/кг	10,6	12,7	11,3	11,4	12,9	12,5
Сырой белок, %	15,5	24,8	26,0	20,0	12,5	8,5
Сырая клетчатка, %	10,0	10,0	15,0	8,5	12,0	-
НДК, %	42,1	40,4	47,0	33,3	27,3	-
КДК, %	13,0	17,5	21,8	8,7	13,9	-
Лизин, %	0,56	0,74	1,08	0,63	0,57	0,1
Метионин, %	0,25	0,43	0,45	0,35	0,26	0,02
Цистин, %	0,3	0,28	0,49	0,4	0,27	0,08
Триптофан, %	0,25	0,2	0,26	0,07	0,14	0,05
Треонин, %	0,49	0,62	0,95	0,74	0,48	0,16
Са, %	0,16	0,1	0,3	0,28	0,07	0,1
Р лбщ., %	1,2	0,4	0,5	0,8	1,61	0,03
Р дост., %	0,6	0,13	0,4	0,27	0,4	0,03

### Проверочные вопросы:

1. Технологии производства жмыхов и шротов маслоэкстракционной промышленностью.
2. Основные жмыхи и шрота, производимые в РФ и в мире.
3. Состав и питательность подсолнечного жмыха, шрота. Стандарт качества. Основные принципы рационального использования в рационах сельскохозяйственных животных.
4. Состав и питательность соевого жмыха, шроты. Стандарт качества. Основные принципы их использования в рационах сельскохозяйственных животных.
5. Состав и питательность рапсового жмыха, шрота. Стандарт качества. Основные принципы использования в рационах сельскохозяйственных животных.
6. Прочие виды жмыхов и шротов (хлопковый, арахисовый, льняной и др.) их характеристика по содержанию белка и другим свойствам.
7. Состав и питательность рыбной муки. Стандарт качества. Основные принципы рационального использования в рационах сельскохозяйственных животных.

8. Состав и питательность мясной, мясокостной и кровяной муки. Стандарты качества. Основные принципы рационального использования в рационах сельскохозяйственных животных.
9. Состав и питательность молочных кормов (сухое обезжиренное молоко, сухая молочная сыворотка). Стандарт качества. Основные принципы рационального использования в рационах сельскохозяйственных животных.
10. Сухая сыворотка крови, сухие клетки крови, состав, биологическая ценность белка. Основные принципы рационального использования в рационах цыплят и поросят.
11. Отходы птицефабрик (перьевая мука, мука боенских отходов птицефабрик) состав и использование в кормлении птиц.

### **Литература**

1. Кормовые ресурсы животноводства. Классификация, состав и питательность кормов: Научное издание. / М. П. Кирилов, Н. Г. Первов, А. С. Аникин, В. Н. Виноградов, В. М. Дуборезов, В. В. Пузанова, В. М. Косолапов, И. Ф. Драганов, В. П. Дегтярев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 404 с.
2. Кормление животных. Учебник / Под ред. И. Ф. Драганова, Н. Г. Маканцева, В. В. Калашникова. В 2-х т. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2010. Т.1. – 341 с.; Т. 2. – 565 с.
3. Растительные и белковые корма. / Под ред. А. Алтшуль (А.М. Altschul). пер. с англ. – М.: «Колос», 1965. – 607 с.
4. Рядчиков В.Г., Чиков А.У., Мехеда А.В. Соевые бобы и шрот тепловой обработки в рационах поросят. – Вестник с.-х. науки. 1979, №8. с.66-71.
5. Рядчиков В. Г. Мировые ресурсы растительного и животного белка. Аминокислотный состав. / В. Г. Рядчиков, Е. Н. Головкин, И. Г. Бескаравайная. – Краснодар, 2003. – 732 с.
6. Егоров И. А. Нетрадиционные корма в птицеводстве / И. А. Егоров, Н. Топорков – Режим доступа: <http://straw-house.ru/ne-tradicionnye-korma-v->

## Глава 29. Некормовые добавки

### 29.1. Антибиотики

Антибиотики подавляют или ингибируют рост микроорганизмов. Их добавляют в корма в умеренном (субтерапевтическом количестве) для улучшения роста, использования корма, снижения смертности и улучшения репродукции, при высоких терапевтических уровнях - для лечения больных животных. В настоящее время более десятка антимикробных препаратов допущены для использования в кормах для животных. Некоторые из них требуют удаления из корма перед тем, как животных убивают, другие же не требуют такого периода.

В опытах и производственных испытаниях показано, что антибиотики улучшают рост поросят, цыплят, телят в среднем на 16,4%, у растущих свиней (17-49 кг) на 10,6% и у откормочных свиней (24-80 кг) на 4,2%. Реакция животных к антимикробным веществам в производственных условиях оказалась выше, чем в условиях экспериментов, что связано с недостаточно удовлетворительными зоогиgienическими условиями на фермах.

Действие антибиотиков на животных сгруппировано в три категории: метаболическое, пищевое и действие в профилактике заболеваний. Первое действие связано с влиянием на определенные метаболические процессы у животных (например, повышение скорости синтеза белка). Второй эффект заключается в том, что антимикробные вещества вызывают изменения в микробной популяции пищеварительного тракта, что повышает использование питательных веществ животным-хозяином. Это действие подтверждается тем, что антимикробные вещества снижают толщину стенки кишечника, в результате улучшается всасывание питательных веществ, и кроме того, снижение общей массы желудочно-кишечного тракта способствует снижению затрат энергии и белка на кишечные ткани, обладающие высокой метаболической активностью.

Хорошо доказано, что антибиотики способствуют снижению заболеваний и сохранности молодняка сельскохозяйственных животных, как самое главное значение их применения. Они подавляют болезнетворные микроорганизмы, тем самым позволяя животным достигать роста и продуктивности на уровне их генетического потенциала. Положительная реакция на антимикробные препараты сильнее проявляется у молодых, чем у более взрослых животных.

Несмотря на то, что антимикробные вещества скармливали миллионам животных в течение 45 лет, все еще нет убедительных доказа-

тельств какого-либо неблагоприятного действия животных продуктов на здоровье человека.

## 29.2. Пробиотики

В противоположность использованию антибиотиков, которые разрушают бактерии, включение пробиотиков в корма предназначено для поддержания благоприятных видов бактерий в пищеварительном тракте с подавлением менее желательных. Пробиотик – это живая микробная кормовая добавка, которая благотворно влияет на животных в результате улучшения состава микробной популяции в кишечнике. Хотя пищеварительный тракт всех животных является стерильным при рождении, контакт с матерью и окружающей средой приводит к установлению в нем как полезной, так и вредной микрофлоры. Полезные микроорганизмы производят ферменты, которые дополняют пищеварительную способность животного, их присутствие создает барьер против проникновения патогенных микроорганизмов. Пищевые нарушения являются обычными в период стрессов (например, отъема от матери), и кормление желательными бактериями, такими как *Lactobacilli* в этих условиях, предпочтительнее использованию антибиотиков, так как последние вместе с вредными уничтожают желательные бактерии.

Доказано, что пробиотические бактерии осуществляют свое действие следующими способами:

- **примыкают к стенке пищеварительного тракта**, чтобы помешать её колонизации патогенными микроорганизмами. Бактерии, такие как *E. coli*, чтобы размножиться и осуществлять свое вредное действие, должны примкнуть к стенке кишки. Прикрепление достигается с помощью отростков на поверхности бактерий. Отростки построены из белков, называемых лектинами, которые избирательно соединяются со специфическими олигосахаридными рецепторными участками на кишечной стенке *Lactobacilli* успешно конкурируют за эти участки.

- **нейтрализация энтеротоксинов**, произведенных патогенными бактериями, вызывающими потерю из организма жидкости. Живые пробиотические бактерии нейтрализуют эти токсины;

- **бактерицидная активность**: *Lactobacilli* ферментируют лактозу до молочной кислоты, тем самым, снижая рН до уровня, при котором вредные бактерии не могут жить. Образуется также перекись водорода, которая ингибирует рост грамм-отрицательных бактерий. Бактерии, производящие молочную кислоту, *Streptococcus* и *Lactobacillus*, кроме того, синтезируют антибиотики;

- **предотвращение синтеза аминов**: колиформы бактерии декарбоксилируют аминокислоты, в результате образуются амины, которые

вызывают воспаление кишечника, являются токсичными и сопровождаются диареей. Молочнокислые бактерии препятствуют размножению колиформ, и, тем самым, производству аминов;

- **повышение иммунитета**: оральная инокуляция молодым пороссятам *Lactobacilli* повышает содержание белка в сыворотке крови и количество лейкоцитов, что стимулирует продукцию антител и фагоцитарную активность.

Другие эффекты пробиотиков включают полезное взаимодействие с желчными солями, повышенную секрецию кишечных энзимов, более эффективное всасывание питательных веществ и усиление продукции витаминов. Отмечено, что пробиотики наиболее эффективны у молодых пороссят, у которых пищеварительный тракт недостаточно развит при раннем отъеме. Они менее эффективны для растущих и откармливаемых свиней, у которых уже сформировалась сбалансированная популяция микроорганизмов.

Эффективность пробиотических микроорганизмов определяется их устойчивостью к желчи и желудочной кислоте, способностью колонизировать кишечник, подавлять активность патогенных микробов, жизнеспособностью и стабильностью при производстве и хранении.

### 29.3. Пребиотики

К пребиотикам относят некоторые дисахариды, олигосахариды, полисахариды, имеющие 2-20 моносахаридных единиц, которые были выделены как полезные модификаторы для моногастричных животных. Пребиотики не определяются как питательные вещества. Их значение состоит в изменении баланса популяций микрофлоры путем уселения роста полезных бактерий и, тем самым, в обеспечении более благоприятной среды в кишечнике. Хотя моносахариды могут легко утилизироваться микроорганизмами в кишечнике, к пребиотикам их не относят. В нормальных условиях кишечная микрофлора не потребляет моносахариды, которые должны полностью всасываться в тонкой кишке.

Олигосахариды содержатся в кормах. Наиболее характерным является **инулин**, по химической структуре это – D-фруктофуранозный полимер, соединенный  $\beta$ -(2-1) связями при аномерном углероде C<sub>2</sub>. Инулин устойчив к перевариванию в тонкой кишке и классифицируется как непереваримый олигосахарид. Инулин содержится в пшеничных отрубях, чесноке, луке, корнях цикория, шиповнике. Включение инулина в рационы животных способствует не только нормализации кишечной микрофлоры, но и повышает биодоступность кальция, марганца, железа. Дача инулина в рацион анемичных пороссят способствовала снижению симптомов анемии.

**Лактулоза** – дисахарид, состоящий из галактозы и фруктозы, в коровьем молоке отсутствует, в небольших количествах может образовываться при нагревании молока до температуры кипения. Лактулоза не переваривается ферментами желудочно-кишечного тракта, ферментируется лакто-и бифидобактериями, служит им субстратом для энергетического и пластического обмена, роста и нормализация состава микрофлоры в кишечнике.

#### 29.4. Дрожжи

У моногастричных животных виды *Lactobacilli*, *Bacillus subtilis* и *Streptococci* используются как пробиотики. У жвачных животных использование дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*) в форме живых культур или погибших клеток в культуральном экстракте полезно действуют на рубцовую ферментацию.

Дрожжи стимулируют потребление кормов путем повышения скорости переваривания клетчатки в рубце в первые 24 часа после кормления. Общая переваримость не повышается. Вероятно, улучшение переваримости и потребления корма происходит в результате изменения числа и видов микроорганизмов в рубце (рис. 29.1.).

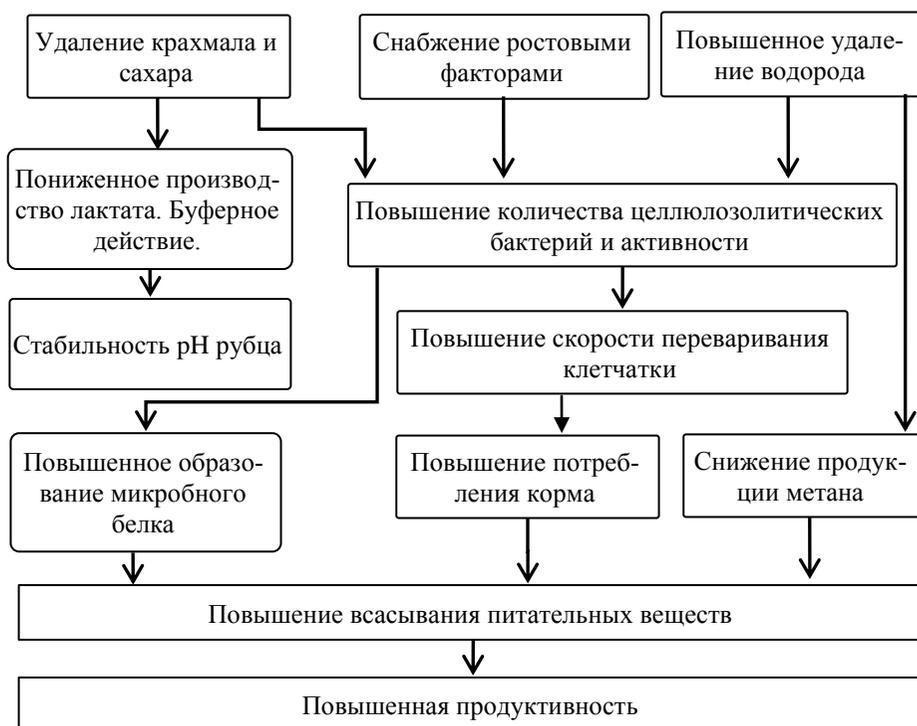


Рисунок 29.1 - Схема механизма действия культуры дрожжей на рубцовую ферментацию у жвачных животных.

Полагают, что метаболиты погибших и живых дрожжевых клеток (В – витамины, жирные кислоты с разветвленными цепями, аминокислоты и пептиды) стимулируют рост бактерий вида *Megasphaera elsdenii*, которые утилизируют молочную кислоту, образовавшуюся в результате быстрой ферментации крахмала и сахаров высококонцентратных рационов. Живые дрожжи ферментируют сахара, освобожденные в результате расщепления крахмала, конкурируя с бактериями, продуцирующими молочную кислоту. В результате стабилизируется рубцовый рН и снижается риск ацидоза. Живые дрожжи, кроме того, удаляют кислород в рубце, помогая поддерживать анаэробные условия, благоприятствуют росту целлюлозолитических бактерий. Улучшение поедаемости грубых кормов приводит к повышению прироста живой массы, надою, жира молока. Улучшенное переваривание клетчатки наблюдали также у лошадей, когда давали им дрожжи.

## **29.5 Прочие биологически активные вещества**

### **Энзимы**

Смесь целлюлаз, гемицеллюлаз и протеаз иногда добавляют в корм с целью улучшения переваримости сложных углеводов и белков. Эффективное их действие имеет место на рационах, состоящих из разнообразных зерновых – ячменя, ржи, пшеницы, тритикале, соевого шрота. В рационах, с этими кормами добавляют  $\beta$ -глюканиду, пектиназу, ксиланазу, чтобы разрушить комплекс углеводов, ухудшающих переваримость питательных веществ. Однако, улучшение продуктивности не всегда имеет место.

Широкое применение получил энзим фитаза. Он отрывает ортофосфатные группы от фитиновой кислоты (фитата), наиболее распространенной формы фосфора в зерне злаков и семенах масличных. Фитаза заметно улучшает использование фитатного фосфора, понижает его экскрецию с фекалиями в окружающую среду.

### **Подкислители**

Добавки лимонной, муравьиной и фумаровой кислот в стартерные рационы улучшают рост телят, рано отнятых поросят, цыплят. Неорганические кислоты, такие как фосфорная, в некоторых случаях соляная, также положительно влияют на рост молодняка. Механизм действия не ясен, но может относиться к снижению рН в верхнем отделе кишечного тракта и, тем самым, к снижению нежелательных микроорганизмов в желудке и тонком кишечнике. Органические кислоты используются также в качестве антимикозных препаратов.

## **Ароматические вещества**

Синтетические ароматические вещества добавляют, чтобы улучшить вкус и/или замаскировать плохой запах в корме. Опыт показывает, что поросята выбирают диету с добавленным ароматом.

## **Антиоксиданты**

Эти продукты добавляют в корма, чтобы снизить окисление жира или витаминов. Этоксиквин и бутановый гидроокситолуол используют в качестве антиоксидантов.

## **Пеллителирующие вещества**

Определенные глины (например, бентонит) добавляют в корма перед гранулированием, чтобы улучшить сцепление и воспрепятствовать крошению гранул. Некоторые из глин и цеолитов также предотвращают афлатоксикоз у цыплят, поросят, связывая афлатоксины и препятствуя их всасыванию.

## **Агенты текучести**

Эти продукты являются теми же самыми, что для пеллетирования. Их цель – предотвратить спекание и улучшить распределение определенных ингредиентов. Примером является Na-Ca-аллюминевый силикат водный. Хотя он не одобрен для предотвращения афлатоксикоза, этот продукт также эффективен для его связывания.

## **$\beta$ -адренэргические агонисты**

Несколько  $\beta$ -адренэргических агонистов, таких как кленбутерол, симатерол и рактопамин, повышают количество постного мяса в туше, когда включаются в рацион. Однако, использование этих препаратов в животноводстве в России и европейских странах не разрешено. В определенных условиях бетаин и карнитин, как было установлено, улучшают постность свиных туш, карнитин снижает ожирение печени у коров и свиноматок. Хром также улучшает углеводно-жировой обмен, способствует снижению у животных жирной печени, когда добавляется в рацион в виде хром-пиколината. В наших опытах было показано, что добавка хрома-пиколината при высокой нагрузке рациона жиром (14,3%) печень цыплят не имела признаков ожирения по сравнению с ее ожирением у контрольных цыплят.

## **Антигельминты**

Этот класс лекарственных препаратов добавляют в корма для подавления внутренних паразитов. Для некоторых из ряда общепринятых антигельминтов должен быть специфический период удаления перед

убоем (от 24 до 30 дней), для других никаких предубойных интервалов не требуется.

Эффективность некормовых добавок достаточно высока. Их использование с учетом возраста животных, состава рационов, а также условий содержания, чаще всего, экономически оправдано. Некоторые обобщенные данные по их влиянию на использование корма представлены в таблице 28.7.

Таблица 28.7 - Влияние антибиотиков, пробиотиков, органических кислот и гормонов на улучшение конверсии корма, экскрецию сухого вещества и азота у свиней.

Препараты	Количество (добавка в корм или инъекция)	Изменения относительно контроля, %*		
		Конверсия корма	Экскреция сухого вещества	Экскреция азота
<b>Антибиотики</b>				
Салиномицин	25мг/кг	+11,0	-17,3	-18,8
Вирджиномицин	40мг/кг	+5,9	-22,5	-12,7
Флавомицин	10мг/кг	+5,2	-12,8	-5,1
<b>Пробиотики</b>				
Clostridium bacteria	0,03%	+3,8	-15,8	-25,4
Lactic acid bacteria	0,5%	+8,8	-12,6	-4,2
<b>Органические кислоты</b>				
Муравьиная к-та	2%	+8,1	-0,1	-1,8
Лимонная к-та	2%	+11,0	-0,1	-1,2
<b>Гормоны</b>				
β-агонист	0,5мг/кг	+0,25	-40,8	-37,6
β-агонист	2,75мг/кг	+0,4	-10,5	-12,4
Свиной соматотропин	4мг/кг	+0,4	-15,5	-21,4

\* (+) – повышение на %; (-) – снижение на %

Заимствовано у Han et al., 2001.

### Проверочные вопросы:

1. Назовите пробиотические микробные препараты, объясните механизм их действия в пищеварительном тракте животных.
2. Назовите препараты пребиотиков и объясните механизм их действия.
3. Назовите ферментные препараты протеолитического, амилалитического и липолитического действия. Для каких животных и на каких рационах наблюдается их эффективное действие?
4. Ферментные препараты для расщепления некрахмальных полисахаридов.

### Литература

1. Han, I.K., Lee, J.H., Piao X.S., LiD. Feeding and management system to reduce environmental pollution in swine production. Asian-Australian j. Anim. Sci., 2001, 14:432-444

## Глава 30. Антипитательные вещества растений

Антипитательные вещества в растениях образовывались в процессе эволюции, как защитные средства от поражения микроорганизмами, разными видами плесени, насекомыми и животными. В то же время, при скормливании они могут оказывать вредное действие на здоровье и продуктивность животных.

Человек во многих случаях научился снижать действие вредоносных факторов, с одной стороны, путем обработки пищевых продуктов (экструдирование, пропаривание, замачивание и т.д.), с другой – потреблением такого сочетания продуктов, при котором действие вредоносных веществ становится неощутимым.

Ученые пытаются селекционными и биотехнологическими методами создавать сорта с пониженным количеством или совсем без токсических веществ. В этом случае нужно оценивать выгоду, получаемую в результате самозащиты самих растений, или в результате затрачиваемых средств, которые человек будет вынужден использовать для их защиты в процессе производства.

Зерно бобовых, семена масличных и продукты из них – это общеиспользуемые пищевые продукты, которые чаще всего содержат вредные вторичные вещества (Liener, 1975). Растительные токсины в семенах масличных включают, например, ингибиторы протеаз и пектиногликозиды, такие как гойтеролены и танины, а также антивитамины, которые повышают потребность в витаминах А, Д, Е и В<sub>12</sub>. Небелковые аминокислоты, цианогены, сапонины и лектины, как правило, имеются в семенах бобовых.

### 30.1. Трипсиновые ингибиторы

Антитрипсин инактивирует фермент поджелудочной железы трипсин, образуя при соединении с ним неактивный комплекс. При скормливании животным сырых соевых бобов действие трипсинового ингибитора проявляется ухудшением использования белка и гипертрофией поджелудочной железы. Трипсин человека не ингибируется соевым антитрипсином. Полагают, что гипертрофия ведет к чрезмерным потерям секретируемого поджелудочной железой эндогенных белков, которые представляют собой богатые цистином панкреатические ферменты. В результате имеют место серьезные потери из организма серусодержащих аминокислот. Этим, видимо, можно объяснить положительный компенсирующий эффект добавления метионина к сырой сое в опытах на крысах. Исследования показали, что трипсин и химотрипсин подавляют секрецию панкреатических ферментов в кишечнике путем обратной связи ингибирования, а трипсиновый ингибитор снижает дей-

ствие трипсина и, тем самым, вызывает увеличение секреции энзимов в просвет кишечника. Повышенная секреция увеличивает потери азота с кишечными выделениями.

Трипсиновый ингибитор содержится в семенах почти всех бобовых. В соевых бобах обнаружено несколько видов трипсиновых ингибиторов, которые, возможно, обладают различным физиологическим действием. Содержание ингибитора трипсина в семенах бобовых, выраженное в единицах на 1 мл экстракта  $\times 10^3$ , варьирует в довольно широких пределах:

Арахис	16,6	Донник желтый	0
Канавалия мечевидная	0	белый	0
Акация желтая	0	Флоридский бархатный боб	11,5
Сенна	0	Маш	6,2
Рожковое дерево	41,4	Фасоль многоцветковая	21,8
Багряник	11,2	лимская	29,1
Кассия	6,5	обыкновенная	44,1
Нут	32,3	Горох посевной	0
Гуар	0	полевой	0
Гледичия сладкая	26,2	Соя	35
Бундук	24,4	Софора японская	19,7
Чечевица	0	Клевер красный	0
Корейская леспедеца	6,9	Конский боб	0
Люпин синий	0	Вика обыкновенная	0
Люцерна	8,6		
Горох коровий	43,7		

Ингибиторы пищеварительных ферментов обнаружены и в ячмене, скармливание которого, в сравнении с кукурузой, сопровождается гипертрофией поджелудочной железы и более низким ростом цыплят. Добавление амилолитических ферментов к ячменному рациону улучшает рост. Однако неизвестно, какие факторы содержатся в зерне ячменя: то ли подобные антитрипсинам сои, то ли ингибиторы амилолитических ферментов. В опытах с птицей скармливание сырых соевых бобов вызвало снижение аппетита, роста цыплят и гипертрофию поджелудочной железы до 12-недельного возраста. На взрослых несушках трипсиновый ингибитор отрицательного действия не оказывает. Обнаружено, что добавление метионина к диете с сырыми соевыми бобами способствует снижению действия трипсинового ингибитора у крыс, однако в опытах на поросятах добавление метионина не сопровождалось ощутимым улучшением их роста. Так, например, среднесуточные приросты порослят на рационе с сырыми соевыми бобами составляли 263 г, с добавкой метионина – 285 г, а на рационе с прогретыми бобами – 648 г.

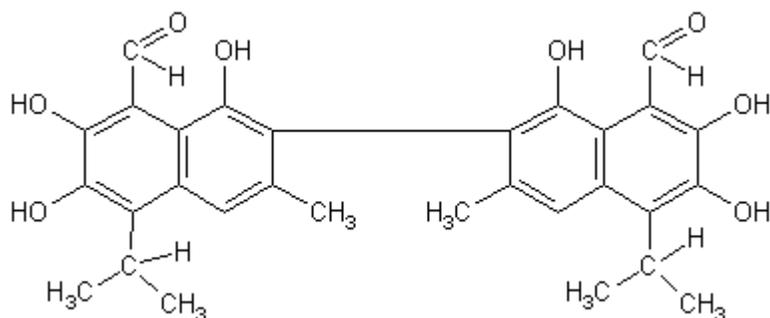
Ингибитор трипсина легко разрушается автоклавированием при давлении 1 кг/см<sup>2</sup> в течение 10-15 мин. Аналогичный эффект обеспечивает пропаривание намоченных в течение ночи бобов. Кипячение в течение 30 мин улучшает питательность бобов. Трипсиновый ингибитор арахиса при подобной тепловой обработке разрушается.

## 30.2. Другие антипитательные вещества

**Вещества, снижающие доступность аминокислот.** В семенах и вегетативных частях растений имеется группа фенольных веществ, которые легко образуют соединения с активными группами аминокислот (с сульфгидрильной цистеина и эpsilon-аминогруппой лизина), образуя комплексы, недоступные для ферментативного гидролиза в пищеварительном тракте.

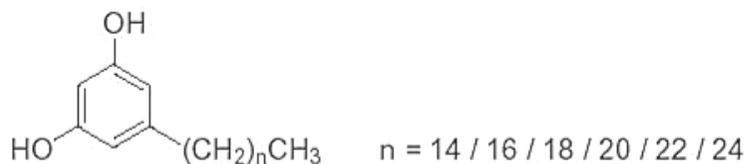
К полифенолам относятся танины сорго. В опытах на цыплятах при скормливании 24 различных гибридов сорго обнаружено, что доступность аминокислот колеблется в очень больших пределах: лизина от 58 до 93%, метионина от 55 до 98%. Биологическая ценность белков зерна сорго в опытах на крысах оказалась ниже у тех сортов, которые содержали больше танина.

В отрубях и муке пшеницы обнаружены о-аминофил и о-аминофенол, образующие соединения с аминокислотами. Фенольное соединение семян хлопчатника - госсипол реагирует с лизином, снижая его доступность.



Госсипол

Неудовлетворительную биологическую ценность некоторых линий тритикале объясняют наличием резорцинолов.



Основные 5-n-алкилрезорцинолы ржи и тритикале

**Фитогемагглютинины.** В семенах бобовых содержатся белковоподобные вещества – фитогемагглютинины, способные агглютинировать (склеивать) эритроциты крови. При поступлении их в организм состояние здоровья человека или животных ухудшается. Фитогемагглютинины обнаружены в фасоли, горохе, конских бобах, вике посевной, чечевице, коровьем горохе, нуте, голубином горошке, маше и др. Активность этих веществ у разных видов фасоли сильно различается. Ге-

магглютинины фасоли при сухом прогревании разрушаются лучше, чем при проваривании. Этим можно объяснить наблюдаемое иногда токсическое действие проваренной фасоли в питании людей. Присутствуют агглютинины и в пшеничных зародышах.

**Гойтерогены** - вещества, вызывающие базедову болезнь. Найдены в растениях семейства крестоцветных, включающих капусту кочанную, цветную и брюссельскую, турнепс, в семенах рапса и горчицы.

Среди бобовых только соевые и арахисовые бобы обладают гойтерогенным действием. Непрогретые соевые бобы вызывают заметное увеличение щитовидной железы у крыс и цыплят, Этого можно избежать прогреванием сои или добавлением препарата йода. Полагают, что ответственными за появление базедовой болезни являются освобождаемые из гликозидов фенольные соединения, которые легко реагируют с йодом, лишая тем самым щитовидную железу возможности использовать йод в доступной форме. Оболочка семян, по-видимому, является главным местом скопления гликозидов.

В семенах рапса и белой горчицы присутствуют так называемые глюкозинолаты (глюконапин, прогоитрин, синальбин), которые под действием фермента мирозиназы, помимо прочих продуктов гидролиза, дают еще и изотиоцианаты – вещества, обладающие потенциальной способностью вызывать базедову болезнь (рис. 30.1).

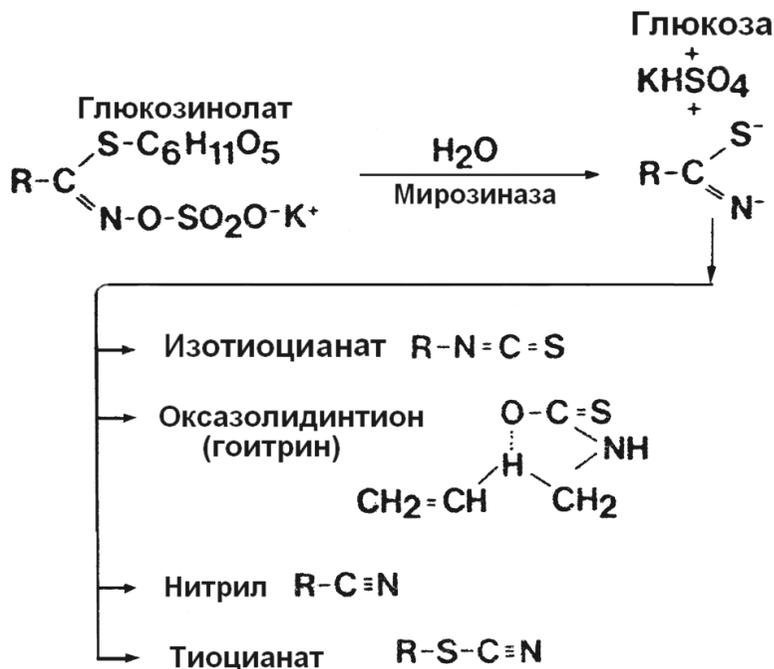
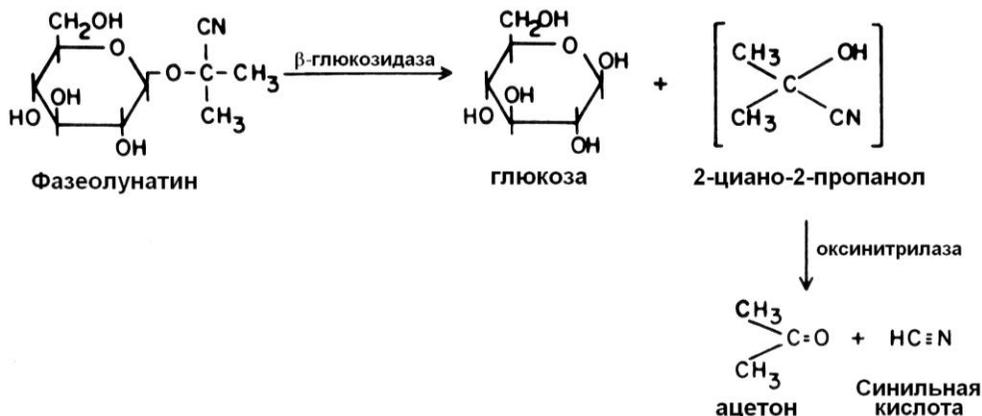


Рисунок 30.1 - Образование продуктов из глюкозинолатов в рапсовой муке.

**Цианогенные гликозиды.** Значительное число растений относится к потенциально токсичным, так как содержит гликозиды, из которых в желудочно-кишечном тракте в результате гидролиза освобождается синильная кислота (HCN). Следует отметить, что бобовые культуры превосходят по своим цианогенным свойствам все другие культуры. Наблюдались случаи серьезного отравления людей при употреблении фасоли лунообразной (лимы), выращиваемой в тропических странах. Гликозид фазеолунатин, освобождаемый под действием ферментов  $\beta$ -гликозидазы и оксинитриллазы, присутствующих в растительных тканях, расщепляется до глюкозы, ацетона и синильной кислоты.



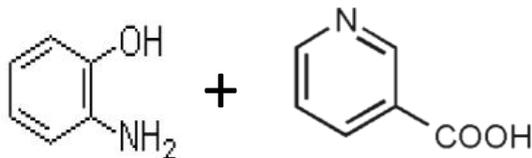
При проваривании бобов эта реакция проходит быстро и HCN улетучивается. Однако, у людей, поевших фасоль лиму в проваренном виде, цианиды находили в моче. В семенах вики содержится гликозид вицианин, состоящий из глюкозы, арабинозы, дивицина и синильной кислоты.

Климатические условия выращивания, в частности высокие температуры, в сильной степени влияют на накопление гликозидов в растениях. В практике известны случаи отравления животных синильной кислотой при поедании зеленого клевера, сорго, вики, донника.

**Антивитаминные факторы.** Скармливание сырых соевых бобов вызывает у цыплят рахит, несмотря на высокий уровень добавляемого витамина Д<sub>3</sub>. При скармливании прогретой сои рахитогенный эффект не наблюдается.

Сырая фасоль содержит антагонист витамина Е, о чем свидетельствуют некроз печени, мускульная дистрофия и низкий уровень токоферола в плазме крыс и цыплят на диете с фасолью.

Имеются сведения о действии фенольных веществ зерна злаковых (пшеница, кукуруза), ухудшающих доступность для животных никотиновой кислоты. В пшеничных отрубях найдены о-аминофенолы, связывающие никотиновую кислоту и делающие ее недоступной для усвоения.

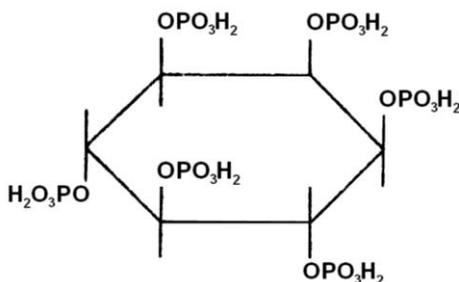


O-аминофенол

Никотиновая кислота

**Вещества, связывающие металлы.** Включение сырого соевого белка в рационы животных ведет к снижению доступности некоторых минеральных веществ – цинка, марганца, меди, железа. Анемия у обезьян, вызванная недостатком железа на диете с соевым белком, устранялась тепловой обработкой или добавлением хелатирующих агентов. Горох посевной содержит фактор, снижающий доступность цинка у цыплят. При скормливании цыплятам автоклавированного гороха снижается необходимость в дополнительном цинке.

Полагают, что значительная часть металлов связана с фитиновой кислотой. Ди- и тривалентные соли металлов фитиновой кислоты плохо растворимы в воде, а некоторые из них, например, фитат железа и в растворах кислот. В зерне злаковых культур значительная часть фосфора находится в составе фитиновой кислоты и является слабодоступной для животных. Фосфор фитата кальция у цыплят усваивается только на 10%, у несушек фитатный фосфор усваивается вдвое хуже, чем фосфор из дикальцийфосфата. У свиней часть фосфора становится доступной в желудке под влиянием растительной фитазы. Жвачные хорошо используют фосфор фитиновой кислоты. Имелись предположения, что фитиновая кислота ухудшает включение железа в гемоглобин, однако это не подтвердилось в опытах на крысах.



Фитиновая кислота (гексафосфорный эфир миоинозитола)

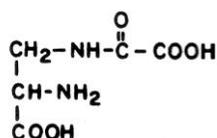
**Нейрогенные факторы.** Нервное заболевание латиризм связано с потреблением некоторых видов чины. Болезнь проявляется слабостью и параличом мускулатуры ног, в острых случаях (нейролатиризм) возможен смертельный исход. В семенах цветного горошка (*Lathirus odoratus*) содержится причинный агент – β-аминопропионитрил (БАПН), встречающийся в виде N-β-глутамилпроизводного. Найден

также в семенах *L. pulsillus* и *L. hirsutus*. Вызывает сильные скелетные ненормальности (деформацию) у цыплят, индюшат и крысят. У многих животных гибель наступает от разрыва аорты. БАПН действует ингибирующе на образование поперечных волокон коллагена и эластина, ослабляя соединительные ткани тела. Поперечные волокна в эластине нуждаются в образовании изодемозина и демозина из лизина, а БАПН ингибирует этот процесс. Латиризм у человека вызывается употреблением чины посевной (*Latirus sativus*). Токсический агент выделен как β-N-оксалил-α-β-диаминопропионовая кислота. Обнаружен также в *L. cicera* и *L. slymenum*.

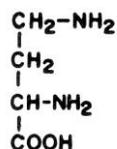


бета-аминопропионитрил (БАПН)

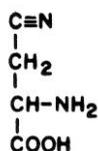
бета- (N-гамма-глутамил)-аминопропионитрил



бета-N-оксалил-альфа,бета-диаминопропионовая кислота



альфа,гамма-диаминомасляная кислота

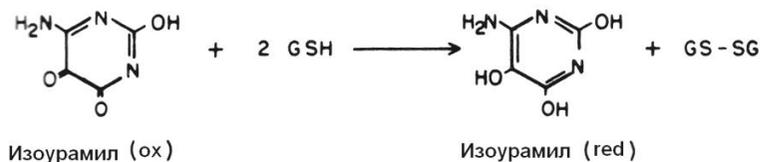
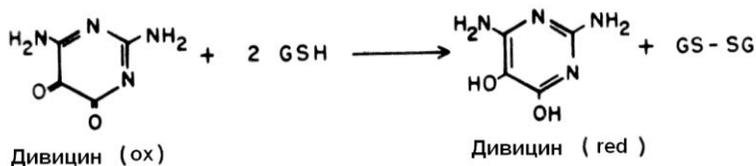


бета-циано-L-аланин

Другим нейротоксином, встречающимся в семенах чины (*L. latifolius*, *L. sylvestris*), является,  $\alpha,\gamma$ -диаминомасляная кислота. Вместе с тем найдены виды чины с низким содержанием или вообще без наличия нейротоксинов. Нейротоксин  $\beta$ -метиламиноаланин содержится в саговой крупе, получаемой из крахмала саговой пальмы. Подобные вещества обнаружены и в семенах льна. Латирогены могут быть легко исключены вымачиванием очищенных семян чины в течение ночи с последующим пропариванием. Эффективно также пропаривание бобов при  $150^\circ\text{C}$  в течение 20 мин.

**Канцерогены.** Афлатоксин – наиболее распространенный пример присутствия канцерогенов в натуральных продуктах. Появляется на зерне пшеницы, кукурузы и других при неблагоприятных условиях уборки и хранения от поражения грибом *Aspergillus flavus*. Другое канцерогенное вещество – это сайкозин саговой пальмы, называемое также метилазоксиметанолом. Введение в рацион крыс сайкозина приводило к появлению почечных опухолей почти у всех крыс (Strong, 1967). К канцерогенным веществам относят серотонин (5-гидроокситриптамиин), который в значительных количествах содержится в листьях подорожника.

**Фавизм.** Это заболевание, характеризуемое гемолитической анемией, наблюдается у отдельных людей, поедающих сырые конские бобы (*Vicia faba*). Индивидуальная восприимчивость к заболеванию связана с наследственными нарушениями ферментативной системы, в частности, с пониженным уровнем глутатиона и уменьшением глюкоза-6-фосфатдегидрогеназной активности. Снижение этих факторов дестабилизирует целостность клеточной мембраны под действием вредных веществ конских бобов, к которым относятся  $\beta$ -гликозиды – дивидин и изоурамил, представляющие собой аглюконовые половинки вицина и конвигина соответственно.

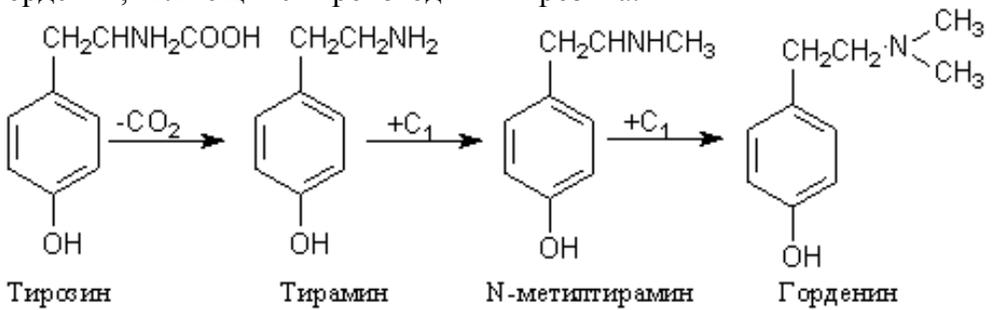




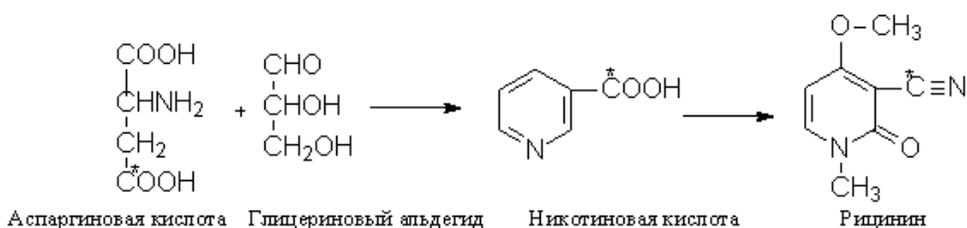
В опытах *in vitro* показано, что дивинин и изоурамил быстро снижают содержание глутатиона в эритроцитах при недостатке глюкоза-6-фосфатдегидрогеназы, вызывая, тем самым, гемолитический эффект. В конских бобах, кроме того, содержится дегидрооксифенилаланин-хинон (ДОФАХ), который также катализирует окисление восстановленного глутатиона.



**Алкалоиды.** При значительном потреблении человеком и животными продуктов, богатых алкалоидами, наблюдаются токсические заболевания. В прорастающих семенах ячменя образуется алкалоид горденин, являющийся производным тирозина:



В семенах и вегетативных частях клещевины (*Ricinus L.*) – алкалоид риксинин (производное пиридина), содержащий цианидную группу.



Шроты и жмыхи из семян клещевины, имеющие остаточный ридинин, в кормлении моногастричных животных, почти не используются.

Бобы люпина содержат большое количество алкалоидов (около 1-3%), поэтому, несмотря на высокое содержание белка и хороший баланс аминокислот, многие виды люпина в кормлении животных не используются. Крысы, находящиеся на диете, в которой содержался белок сырых семян люпина (*Lupinus termis*), неохотно поедали корм и плохо росли. Добавление алкалоидов, выделенных из люпина, к казеиновой диете в количестве 0,3% снижало их прирост за 28 дней со 108 до 21 г. Сейчас созданы сорта безалкалоидного люпина. Их включают в рацион.

#### Проверочные вопросы:

1. Трипсиновый ингибитор, механизм отрицательного действия на поджелудочную железу и переваримость кормов. Содержание трипсиновых ингибиторов в семенах и кормах разных растений. Методы инактивации ингибитора.
2. Вещества, снижающие доступность аминокислот. Механизм химического взаимодействия.
3. Цианогенные гликозиды. Корма – источники цианидов.
4. Алкалоиды – действие на животных. Корма, богатые алкалоидами, способы нейтрализации алкалоидов.
5. Резорцинолы зерна злаков, содержание и действие на животных.

#### Литература

1. Биологический энциклопедический словарь. / гл. редактор М. С. Гиляров. – 2-е изд. исправл. - М.: «Советская энциклопедия», 1989. – 864 с.
2. Растительные и белковые корма. / Под ред. А. Алтшуль (А.М. Altschul). пер. с англ. – М.: «Колос», 1965. – 607 с.
3. Liener I. Antitryptic and other antinutritional factors in legumes. P. 239-258. In “Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding”. Proc. Symp. by PAG held FAO, Rome, Italy 3-5 July 1972.
4. Хелдт Г.-В. (Hans-Walter Heldt). Биохимия растений. Перевод с английского, под ред. профессора А.М.Носова, профессора В.В.Чуб. Москва БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 471 с.

## Глава 31. Микотоксины

Микотоксины (от греч. *mykes, mukos* – «гриб», *toxikon* – «яд») – токсины, низкомолекулярные вещества (метаболиты), продуцируемые микроскопическими плесневыми грибами. Микотоксины являются природными загрязнителями зерна злаковых, бобовых, семян подсолнечника, сои, арахиса, а также грубых кормов. Они могут образовываться в кормах и пищевых продуктах при хранении под действием развивающихся в них микроскопических грибов.

Большинство видов грибов являются аэробными микроорганизмами (т.е. использующими кислород для дыхания), обнаруживаются повсеместно в малых количествах. Они питаются органическими веществами, растут и размножаются там, где достаточно влаги и благоприятная температура, образуют колонии, повышая концентрацию токсинов.

В нашей стране наиболее часто встречаются следующие микотоксины: афлатоксины, зеараленон, дезоксиниваленол (ДОН), или vomitоксин, Т-2 токсин. Нередки случаи обнаружения в корме фузариевой кислоты и фумонизина, иногда – охратоксина А. Ими чаще всего бывают заражены зерновые (пшеница, ячмень, овес, кукуруза), а также соевые, подсолнечные и другие шроты и жмыхи.

Пшеница больше других культур поражается микотоксинами, продуцируемыми грибами из рода *Fusarium*, *Alternaria tenuis* Nees (Т-2-токсин, зеараленон и vomитоксин). Кукуруза, больше чем другие злаковые, поражается грибами вида *Aspergillus flavus* (афлатоксины). Нередки случаи поражения ее грибами вида *Fusarium* (зеараленон). Ячмень и овес часто бывают поражены грибами *Aspergillus* и *Penicillium* (охратоксины). Соевый и подсолнечный жмых и шрот в равной степени могут быть поражены всеми микотоксинами.

Зачастую вредоносность пораженных кормов усиливается за счет синергизма микотоксинов. При этом предугадать их совместное действие очень трудно, так как оно зависит не только от сочетания отдельных видов микотоксинов, но и их концентраций, которые никогда не повторяются. При хранении зерна, даже один вид гриба может вырабатывать различные микотоксины, взаимодействие которых синергично.

### 31.1. Действие микотоксинов на животных

**Афлатоксины (АФ)** продуцируются грибами *Aspergillus flavus* и *Aspergillus parasiticus* и являются производными кумарина. Наиболее вредными являются афлатоксин В1 и G1. Они поражают печень, вызывая ее жировое перерождение, обладают выраженными канцерогенными свойствами, также отмечены поражения и других органов - сердца, почек, селезенки.

Опасность микотоксинов в молочном животноводстве не дооценена. Есть мнение о том, что жвачные животные менее восприимчивы к вредным действиям микотоксинов из-за высокой активности микрофлоры рубца. Однако, анализ имеющейся научной литературы показывает, что метаболиты токсинов, образующихся в рубце, могут быть также, или еще более ядовитыми, чем первоначальные токсины. Это позволяет утверждать, что жвачные животные не защищены эффективно от микотоксинов, в том числе и от афлатоксина В1. В первую очередь это связано с ограниченной деградацией афлатоксина В1 в рубце.



Рисунок 31.1 - Структурная формула афлатоксина В1; кукуруза, пораженная грибом *Aspergillus flavus*

Негативное действие афлатоксинов проявляется в связывании ДНК и ингибировании синтеза РНК – полимеразы, что приводит к подавлению синтеза белков в организме животного. Поэтому при обнаружении АФ в кормах целесообразно увеличить концентрацию белка в рационе, это необходимо для нормального роста животных.

При действии совсем малых доз АФ, недостаточных для отравления, но поступающих в организм постоянно и многократно, развивается цирроз или рак печени. В печени снижается уровень витамина А и повышается содержание жиров. Она увеличивается в размерах, приобретает желтовато-коричневый оттенок, по структуре становится рыхлой.

Афлатоксины снижают содержание протромбина (фактор свертывания крови) в среднем на 20%, в связи с этим увеличивается восприимчивость животных к образованию кровоподтеков, иногда отмечаются кишечные кровоизлияния.

АФВ<sub>1</sub>, поглощенный с кормом, интенсивно преобразуется в печени в афлатоксин М1 (АФМ1), который быстро выводится с молоком и мочой. Допустимая норма содержания АФМ1 в молоке: 0,5 мг/кг в США, и 0,05 мг/кг в Европейском союзе.

Афлатоксины у свиней вызывают такие же изменения в организме, как и у жвачных. Самым токсичным является афлатоксин В1. Снижение темпов роста у свиней на откорме наступают уже при скармлива-

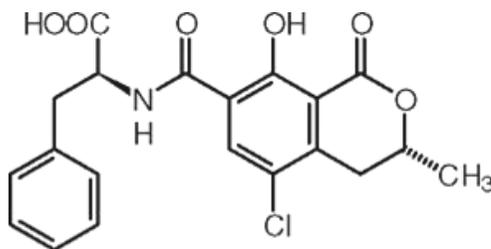
нии 0,4 мг на 1 кг корма афлатоксина В1. Более высокие концентрации АФВ1 2,5 мг/кг корма в течение 30 дней приводят к поражению печени, подавлению иммунных функций организма.

Афлатоксины в организме птиц, как и у других видов животных, подавляют синтез белка – основной фактор, приводящий к ухудшению темпов роста бройлеров, снижению яичной продуктивности и конверсии корма. У кур - несушек уже через 4 дня после потребления загрязненного афлатоксином В1 корма отмечается сильное снижение процента оплодотворенных яиц и процент выводимости. Часто отмечается у птиц жировое перерождение печени. Афлатоксин В1 снижает активность ферментов, участвующих в процессе переваривания крахмалов, белков, липидов и нуклеиновых кислот.

Установлено, что афлатоксин В1 увеличивает хрупкость капилляров, снижает уровень протромбина, что сильно повышает частоту возникновения кровоподтеков и значительно снижает категоричность тушек бройлеров. Известно, что АФВ1 влияет на метаболизм витамина D, это приводит к снижению прочности скорлупы и слабости ног. Кроме того, в литературе описаны случаи негативного влияния АФВ1 на метаболизм некоторых минералов, включая железо (вызывает гемолитическую анемию), фосфора и меди (вызывает слабость ног).

В рационе кур-несушек и бройлеров афлатоксина В1 должно содержаться не более 0,02-0,025 мг/кг. В комбикормах для молодняка птицы он не допускается.

**Охратоксины** (Охратоксин А) – продуцируются различными видами гриба *Aspergillus ochraceus* и *Penicillium viridicatum*. Из существующих трех форм охратоксинов самый распространенный является охратоксин А. Он же - один из самых токсичных микотоксинов для птиц, примерно, в три раза токсичнее для цыплят-бройлеров, чем афлатоксин, что является причиной сильных вспышек микотоксикозов.



Охратоксин А

Охратоксин А – это, в первую очередь, нефротоксин, вызывающий нарушение работы почек, что приводит к падежу птицы. У птиц, потребляющих с кормом охратоксин А, отмечается накопление уратов в суставах и брюшной полости. На практике полиурия, приводящая к большому количеству влажного помета, является еще одним симптомом

охратоксинового микотоксикоза. Охратоксин А значительно ухудшает потребление птицей корма, снижает темпы роста, формирование пера, снижает яичную продуктивность и конверсию корма. У несушек, в зависимости от потребленной дозы токсина, снижается яичная продуктивность, яйца имеют характерные желтые пятна на скорлупе и высокий процент яиц с кровавыми включениями. Ухудшение инкубационных качеств яиц наблюдается при содержании охратоксина А в корме на уровне 1-2 мг/кг корма. Поедание более высоких доз токсина приводит к рахитическому нарушению костяка у цыплят и индеек.

При охратоксикозе наблюдается подавление иммунитета со снижением циркулирующих иммуноглобулинов, как результат истощения иммунной системы, при этом особенно значительно снижается количество макрофагов.

Острый охратоксикоз у свиней характеризуется нефропатией, энтеритами и иммуносупрессией. При содержании 2,5 мг охратоксина А на килограмм корма у свиней на откорме наблюдается снижение темпов роста, потребление корма и его конверсия. Изменения функций почек отмечаются уже при такой низкой концентрации охратоксина А, как 0,5 мг/кг корма.

В свиноводстве интерес к охратоксину А возникает из-за его канцерогенных свойств и возможности переходить в конечные продукты животноводства, что не может не вызывать беспокойства.

Допустимый уровень охратоксина А в зерне и продуктах его переработки составляет 0,5 мг/кг.

**Зеараленон (ЗЕА)** – микотоксин, вырабатывается грибом *Fusarium graminearum* и некоторыми другими видами *Fusarium*.

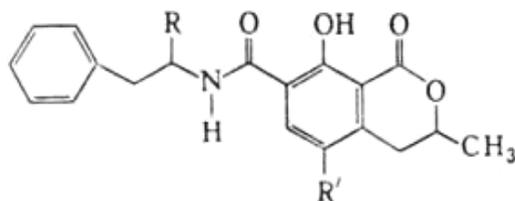


Рисунок 31.2 - Структурная формула зеараленона; слева здоровая пшеница, справа пораженная грибом *Fusarium graminearum*



Рисунок 31.3 - Початки кукурузы и пшеница в поле, пораженные *Fusarium graminearum*

Действие ЗЕА у жвачных животных клинически сопровождается вагинитами, выделениями из влагалища, абортми, бесплодием и увеличением молочных желез у молодых телок. Поэтому его называют фактором абортов.

Продолжительное влияние ЗЕА на животных проявляется в появлении проблем с воспроизводством: снижение выживаемости эмбрионов, отеки и гипертрофия гениталий животных перед половым созреванием, снижение выработки лютеинизирующего гормона и прогестерона, нарушение морфологии тканей матки, феминизация молодых самцов из-за снижения выработки тестостерона и бесплодие. Полагают, что главная причина абортов у коров в современных условиях – микотоксин ЗЕА. В производственных условиях нарушения репродуктивной способности коров происходят при содержании ЗЕА 0,5–0,75 мг/кг комбикорма.

ЗЕА вызывает у свиноматок вульвовагиниты, аборты, гипертрофию молочных желез, отмечены случаи выпадения матки и увеличения числа мертвых поросят в гнезде. У новорожденных поросят, свиноматка которых потребляет корма, содержащие ЗЕА, происходит увеличение

вульвы и матки. По механизму действия и клиническим проявлениям, действие ЗЕА на свиней схоже с действием на крупный рогатый скот.

**Фумонизины (ФМ)** – небольшая группа относительно недавно открытых фузариевых микотоксинов, продуцируемых, в основном, *Fusarium moniliforme*. Самым распространенным и опасным в этой группе является фумонизин В1. Химическая структура фумонизинов такова, что они ингибируют синтез липидов в биологических мембранах.

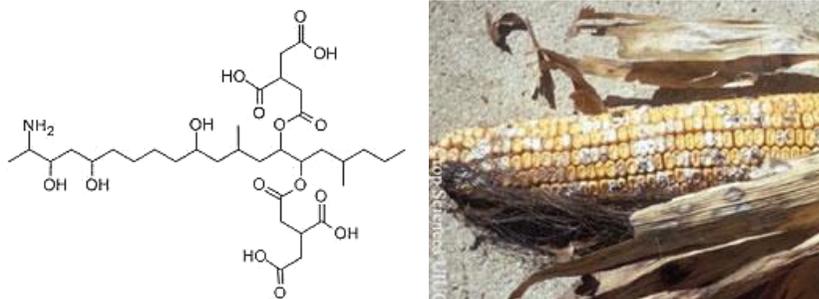


Рисунок 31.4 - Структурная формула фумонизина, початок кукурузы, пораженный грибом

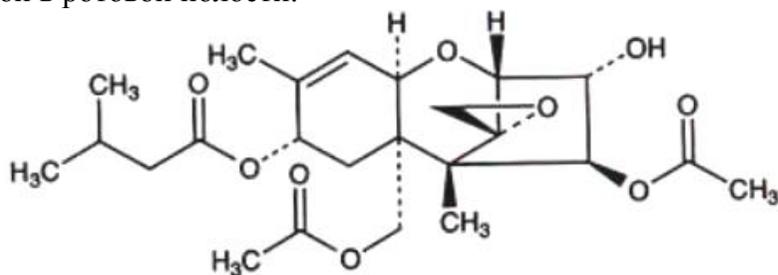
Острые фумонизинотоксикозы характеризуются отеком легких и иммуносупрессией, увеличением восприимчивости к заболеваниям дыхательных путей типа APP (*Actinobacillus pleuropneumoniae*), PRRS (Репродуктивный и дыхательный синдром у свиней). Например, скармливание рациона, содержащего 0,3 мг фумонизина В1 на 1 кг корма поросатам-отъемышам приводит к гидротораксу, отеку легких и смертности поросят через 5-6 дней. Но при скармливании фумонизина В1 на уровне 50 мкг/кг комбикорма в течение 30 дней не приводит к проявлению явных клинических признаков, при этом наблюдается снижение среднесуточных приростов на 5-10%.

Потребление поросатами-отъемышами фумонизина В1 предрасполагает их к инфекционным заболеваниям, включая колонизацию кишечника патогенными штаммами *E. coli* в ассоциации с внекишечными инфекциями.

Фумонизин В1 вызывает синдром внезапной смерти (синдром токсичного корма) у птиц, что связано с наличием в кормах высокого уровня фумонизина.

У цыплят-бройлеров, получающих высокий уровень микотоксина ФМВ1 с кормом, проявление острой токсичности включает низкую продуктивность, увеличение массы внутренних органов и множественные очаги некроза печени. В производственных условиях 20 мкг/кг корма фумонизина В1 приводит к повышенной смертности цыплят-бройлеров в возрасте от 10 до 30 дней.

**Трихотецены.** Микотоксин Т-2 продуцируется грибами из рода *Fusarium*. Действие Т-2 токсина на свиней проявляется в основном подавлением метаболизма белка, снижением темпов роста и поражениями слизистой в ротовой полости.



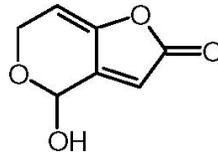
Т-2 токсин

На практике последствия от присутствия микотоксинов в кормах осложняются тем фактом, что одновременное присутствие в корме нескольких микотоксинов проявляется синергетическим действием, (например, сочетание афлатоксина и Т-2 токсина), усиливая отрицательное действие на иммунную систему. Комбинация охратоксина и Т-2 токсина значительно снижает продуктивность и изменяет биохимию сыворотки крови, гематологические и иммунологические параметры.

Токсический эффект Т-2 токсина на птице проявляется по-разному в зависимости от продолжительности его присутствия и концентрации в кормах. Сначала появляются повреждения слизистой и роговых оболочек полости рта, некротический стоматит (первая неделя), затем геморрагический энтерит толстого и тонкого отделов кишечника (вторая неделя), с третьей недели начинаются дегенерация фабрициевой сумки, анемия, лимфоидная атрофия.

У несушек Т-2 токсин, если присутствует в кормах 14-18 дней подряд в дозе 16 мг/кг корма, то вызывает снижение яйценоскости и массы яйца. Более продолжительное использование корма, пораженного этим микотоксином, даже когда концентрация Т-2 составляет в нем менее 10 мг/кг корма, влечет за собой, помимо упомянутых симптомов, истончение скорлупы, снижение выводимости, повреждение слизистой зоба и мышечного желудка.

**Патулин** – токсин вырабатывается грибами *Penicillium* и *Aspergillus expansum*, *Penicillium species*, ими поражаются фрукты, тыква, силос. Патулин обладает мутагенным и канцерогенным действием. Симптомы патулин-токсикоза наблюдали у крупного рогатого скота в виде геморрагии в пищеварительном тракте.



Патулин



Рисунок 31.5 - Яблоки, пораженные грибом *Penicillium expansum*

### 31.2. Отравления головневыми грибами

**Устилаготоксикоз.** Головневые грибы (сем. *Ustilaginaceae*) широко распространены в природе и поражают многие злаковые растения в период вегетации.



Рисунок 31.6 - Слева початок кукурузы, пораженный головневым грибом *Ustilago maydis*, справа колос пшеницы, пораженный грибом *Ustilago tritici*.

Токсикологическое значение имеют, главным образом, грибы твердой головни из рода *Ustilago*, паразитирующие на посевах ячменя, овса и других культур. Действующим началом головни являются многие алкалоиды, которые содержатся в твердой головке ячменя от 1,08 до 1,3% (растворимая фракция) и обладают кумулятивными свойствами.

Отравление головней (устилаготоксикоз) наблюдается, главным образом, у молодняка животных в возрасте 2-6 месяцев при поедании фуражного зерна, пораженного грибом в пределах 0,3-7,4%. Наиболее чувствительны к отравлению - поросята, в меньшей степени – телята и ягнята.

Токсические алкалоиды головни обуславливают сосудисто-нервные расстройства с последующим нарушением обмена веществ, сердечной деятельности, функции печени, почек и других органов в связи с развитием в них дистрофических процессов.

Патологоанатомические изменения. Наиболее постоянными являются следующие: гиперемия сосудов мозговых оболочек и отек мозга, полнокровие легких и печени, кровоизлияния под эпикардом, капсулой селезенки, легочной плеврой. Увеличение мезентериальных лимфоузлов, катаральный гастроэнтерит. В запущенных случаях – выраженные дегенеративные изменения в миокарде, паренхиме печени и почек, желтушность тканей.

Преобладают явления нервного порядка: затрудненное глотание, судороги жевательных мышц, слабость ног, шаткая походка, понижение чувствительности. Иногда выступают явления желудочно-кишечного расстройства (запоры, понос), поражения глаз (опухание век, слезотечение), верхних дыхательных путей (кашель, истечение из носа), половой сферы (истечения из влагалища, выкидыш).

Диагноз ставится по данным клинического проявления и результатам микологического исследования кормов.

Лечение. При острой форме токсикоза положительные результаты дает кровопускание от 1 до 1,5 л, внутривенные введения 40%-ного раствора глюкозы, подкожно – кофеина и сульфата натрия внутрь. При хронической форме применяют то же лечение, но оно не всегда эффективно. В рацион большим вводят молоко, свеклу или морковь.

Профилактика основана на своевременном ветеринарном контроле за качеством фуражного зерна. В случае поражения фуража головней более 0,3% его подвергают очистке путем двойного пропуска через зерноочистительную машину, вначале с решетом с отверстиями диаметром 6 мм, а затем с решетом с отверстиями диаметром 3,5 мм, или подвергают мойке в воде при соотношении 1:3. Зерно погружается в воду, а головня и сорные примеси всплывают. С помощью совка их удаляют и сжигают. Допустимые нормы головни: в зерновых кормах - 0,2% (ОСТ №№ 5739, 5740), в мучнистых кормах – 0,05–0,06% (ОСТ

№№ 7309, 8465, 8596). При содержании головни в больших количествах дачи таких кормов животным необходимо ограничивать. Не допускать скармливания кормов с повышенным содержанием головни беременным животным.

### 31.3. Отравление спорыньей (*Claviceps purpurea* Tulasne)

Спорынья паразитирует на злаках, преимущественно на ржи и пшенице. При сильном поражении ржи на отдельных колосьях может быть до 3-4 склероциев. Далее при уборке хлеба склероций самопроизвольно опадают на землю или при обмолоте попадают в товарное или семенное зерно.



Рисунок 31.7 - Слева колос ржи, справа колосья пшеницы, пораженные спорыньей

Токсичность спорыньи обуславливается содержанием в ней действующих начал: эрготоксина, эрготамина, тирамина, гистамина и др. Чувствительность отдельных видов животных к спорынье неодинакова. Чаще наблюдаются отравления у птиц и крупного рогатого скота.

Отравления спорыньей сопровождаются гастро-энтерическими явлениями (слюнотечение, рвота, колики, понос), нервными расстройствами (понижение чувствительности, сонливость, явления паралича и пр.), сокращениями матки, способными вызывать выкидыши, выпадение влагалища и пр. При хронических отравлениях наблюдается омерт-

вение тканей периферических органов - ушей, кончика хвоста, сосков, пальцев ног. Патологоанатомические изменения. При хронических отравлениях наиболее характерно омертвление (сухая гангрена) периферических органов – гребней и сережек у птиц, ушей, пальцев ног, кончиков хвоста, сосков у крупного рогатого скота.

Лечение. Прекращение скармливания пораженного спорыньей корма. Внутрь слабительные, а позже танин. При сильных судорогах и нервных явлениях - клизмы с хлоралгидратом. Подкожно – кофеин, камфора. Растирание конечностей. Профилактика. Допустимые нормы спорыньи в кормах те же, что и для головни (см. выше). Корма с содержанием спорыньи выше 0,2% представляют опасность для животных и могут скармливаться лишь в очень ограниченных количествах.

### **31.4. Профилактика микотосикозов животных**

**Использование сорбентов.** Действие сорбентов основано на способности выводить микотоксины из пищеварительного тракта. Сорбенты должны быстро связывать и эффективно удерживать микотоксины при различных уровнях кислотности. Негативным качеством сорбирующих материалов является низкая специфичность, вследствие которой происходит связывание не только токсинов, но и питательных веществ (жирных кислот, витаминов, аминокислот) и лекарственных препаратов.

Существуют два типа адсорбентов, связывающих микотоксины: неорганические вещества и органические адсорбенты. Неорганические вещества включают:

- Цеолиты
- Бентониты
- Обесцвеченные глины, полученные при переработке масла
- Гидратированные натриево-кальциевые алюмосиликаты
- Диатомовая земля
- Некоторые глины

К органическим адсорбентам относятся волокнистые части растений, такие как:

- Овсяная шелуха
- Пшеничные отруби
- Волокна люцерны
- Экстракты клеточных стенок дрожжей
- Целлюлоза
- Гемицеллюлоза
- Пектин

Данные вещества поддаются биодegradации, но в некоторых случаях могут и сами быть источником контаминации микотоксинов. Преимуществом дрожжевых клеток как адсорбентов является то, что

уровень их включения в рацион низкий, они имеют большую площадь поверхности, позволяющую адсорбировать большое количество микотоксинов и не содержат токсичных контаминантов.

Адсорбенты микотоксинов представляют быстрое краткосрочное решение проблемы контаминированных микотоксинами кормов. Полное решение проблемы микотоксинов будет возможным в результате улучшения технологии производства и хранения кормов, усиления контроля качества, основанного на лучших аналитических методах наряду с достижениями генетики в области повышения устойчивости растений к заражению микроскопическими грибами.

Важное значение в преодолении вредоносности микотоксинов имеет полноценность питания животных по уровню энергии, аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, пробиотиков и других биологически активных веществ. Животные на хорошо сбалансированных рационах менее восприимчивы к действию микотоксинов и легче преодолевают их вредоносность.

**Детоксикация зернофуража**, пораженного фузариотоксинами методом химической обработки пиросульфитом натрия (ПН). Рабочие растворы ПН для зерна 10%, для дерти 5% концентрации. Зерно (дёрть) смешивают с растворами в смесителе из расчета 10 л раствора на 100 кг зерна в течение 30-40 мин, после этого зерно оставляют в смесителе или перегружают в какую-либо емкость на 24 ч. Обработанное зерно (дёрть) выкладывают в хорошо продуваемом зернохранилище слоем не более 1 м для удаления сернистого газа в течение 3-5 сут, или его высушивают в вентилируемых зерносушилках. При содержании сернистого газа 0,03% обработанный продукт скармливают животным. Детоксикацию необходимо проводить с использованием индивидуальных средств защиты – противогаза и резиновых перчаток. Указанный способ обеспечивает снижение токсичности зерна на 70% дерти на 90% (Рекомендации Главного управления ветеринарии Госагропрома СССР по детоксикации зернофуража, контаминированного микотоксинами группы дезоксиниваленола (вомитоксина), 1989 г).

#### **Проверочные вопросы:**

1. Наиболее распространенные виды грибов, поражающие корма и пищевые продукты.
2. Афлатоксикоз, симптомы отравления сельскохозяйственных животных. Допустимые количества токсина в кормах.
3. Фузариотоксикоз, симптомы токсикоза у животных. Допустимые уровни вомитоксина в рационах разных возрастных групп свиней, птиц, крупного рогатого скота. Профилактика фузариотоксикоза.
4. Симптомы отравления сельскохозяйственных животных фумонизином, охратоксином, трихоцетенами. Признаки поражения кормов этими токсинами.

5. Симптомы отравления головневыми грибами. Признаки поражения зерна головней. Методы очистки кормов от головни и профилактика отравлений.
6. Симптомы отравления спорыньевыми грибами. Признаки поражения кормов спорыньей. Методы очистки кормов от спорыньи и профилактики отравления.

### **Литература**

1. Биологический энциклопедический словарь. / гл. редактор М. С. Гиляров. – 2-е изд. исправл. - М.: «Советская энциклопедия», 1989. – 864 с.
2. Растительные и белковые корма. / Под ред. А. Алтшуль (А.М. Altschul). пер. с англ. – М.: «Колос», 1965. – 607 с.

## **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		РРБ, г	ОБ, г	СК, г	НДК, г	КДК, г	СЖ, г	СЗ, г	НСУ, г	БЭВ, г	Крах- мал,г	Са- хар,г
					%СБ	г											
Силос кукур. мол-воск. спелости	70	30	9,6	90	36	32	58	47	233	500	300	40	46	324	591	120	90
Силос кукур. почти воск. спелости	52	48	9,2	80	40	32	48	50	240	445	275	32	40	407	608	135	70
Силос сорговый	71	29	7,7	100	48	48	52	59	260	607	357	29	75	189	536	130	56
Сенаж люцерновый	55	45	9,4	165	24	40	125	87	228	460	280	36	100	239	471		16
Сено люцерновое	15	85	8,2	155	20	31	124	83	300	396	312	21	100	323	424		24
Сено злаковое	15	85	7,8	106	27	29	77	57	330	600	395	26	72	196	466		58
Сено злако-бобовое	15	85	8,3	128	25	32	96	66	286	551	364	26	93	204	467		36
Сено суданки	15	85	7,2	125	28	35	90	67	261	577	368	29	69	200	516	10	56
Солома ячменная	10	90	5,7	41	70	29	12	25	418	750	520	18	66	125	457		32
Солома пшеничная	10	90	6,0	48	75	36	12	29	417	730	494	16	76	130	443		15
Пшеничная солома	8	92	6,0	55	71	39	16	29	322	700	400	17	80	148			
Зеленая масса люцерны (фаза бутонизации)	80	20	10,3	245	22	54	191	135	272	331	239	20	94	310	369	5	56
Зеленая масса люцерны (начало цветения)	78	22	9,5	208	26	54	154	113	290	340	255	20	95	337	387	5	60
Зеленая масса рожь	80	20	10,5	150	22	33	117	80	290	570		40	85	155	435		84
Зеленая масса рапс	86	14	9,5	200	20	40	160	108	250	305		57	50	388	443		130
Зеленая масса вико-пшеничная	85	15	10,3	213	19	40	173	115	253	466	308	34	74	213	426		128
Зеленая масса суданка	80	20	11,0	140	23	32	108	74	275	546		30	67	217	488	10	90
Зеленая масса тритикале	80	20	8,1	130	22	29	107	70	288	507	396	38	47	278	497		75
Жом свекличный сырой	88	12	10,4	74	56	41	33	49	200	390	280	10	70	456	646		10
Жом свекличный сухой	12	88	9,8	100	70	70	30	71	201	408	220	11	73	592	615		86

## Продолжение приложения 1

Корма	Во- да,%	СВ, %	ОЭ,М Дж	СБ, г	НРБ		РРБ, г	ОБ, г	СК, г	НДК, г	КДК, г	СЖ,г	СЗ, г	НСУ,г	БЭВ, г	Крах- мал,г	Са- хар,г
					%СБ	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	23	16	52	38	206	550	260	63	49	270	614		
Патока (сахарная свек- ла)	23	77	12,2	78	16	12	66	44				4	100	818	817		716
Ячмень	12	88	12,2	124	21	26	98	71	53	208	72	22	29	617	772	570	29
Пшеница	12	88	13,0	130	23	30	100	78	21	134	44	23	20	693	816	670	30
Отруби пшеничные	11	89	10,6	173	18	31	142	93	114	425	155	43	63	296	607	190	70
Кукуруза (зерно высо- ковлажное (корнаж))	28	72	13,5	92	38	35	57	60	26	103	36	43	15	747	824		
Корнаж с кочерыжкой	33	67	12,7	84	37	31	53	54	94	210	94	39	17	650	766		
Кукуруза	12	88	13,1	95	38	36	59	58	24	95	34	42	15	753	832	680	35
Сорго	12	88	11,8	110	42	46	64	60	40	109	59	30	20	731	800	695	50
Овес	11	89	11,6	135	13	18	117	65	105	310	146	51	33	481	686	460	25
Тритикале	12	88	12,8	12,8	24	33	104		25	175		19	21	771			
Горох	12	88	13,2	255	43	109	146	164	63	116	76	19	32	578	631	437	60
Соя полножирная сырая	10	90	16,0	390	26	101	289	226	56	190	130	190	60	132	274	11	80
Соевый шрот	10	90	13,3	480	36	173	307	310	58	150	91	17	62	291	383	17	107
Соевый жмых	10	90	15,1	460	63	290	170	344	55	200	104	81	55	204	349	17	110
Семена подсолнечника необрушенные	12	88	18,0	192	10	19	173	100	310	240	167	419	51	98	198		
Подсолнечный шрот	10	90	9,5	370	14	52	318	203	135	518	300	14	75	23	436	10	82
Подсолнечный жмых	10	90	12,2	365	18	65	300	203	148	450	285	82	64	39	361	28	90
Рапсовый шрот	10	90	12,0	385	60	231	154	282	152	345	206	39	80	174	366	24	47
Рапсовый жмых	10	90	11,3	390	68	265	125	286	165	340	180	77	72	125	296		
Семена хлопка с волоком	9	91	12,2	235	16	38	197	127	240	503	380	193	42	27	290		0

Продолжение приложения 1

Корма	Во- да,%	СВ, %	ОЭ,М Дж	СБ, г	НРБ		РРБ, г	ОБ, г	СК, г	НДК, г	КДК, г	СЖ,г	СЗ, г	НСУ,г	БЭВ, г	Крах- мал,г	Са- хар,г
					%СБ	г											
Глютеновый корм	10	90	11,4	260	27	70	190	153	130	350	120	38	68	284	504		32
Глютен	10	90	15,3	660	70	462	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	74	706	249	687				12	25			0	0
Перьевая мука (гидролизованная)	7	93	13,9	933	64	597	336	553			46	160				0	0
То же с примесью муки боенских отходов	8	92	15,0	915	64	586	329	571			104	197					
Рыбная мука	9	91	13,9	685	56	384	301	492				104	197				0
Мясокостная мука	10	90	9,5	540	55	297	243	297				104	302				0
Пивная дробина сухая	9	91	11,3	292	24	70	222	206	176	474	222	52	43	139	437	6	45
Сухая барда (спирто- вая), из пшеницы	10	90	15,5	297	46	134	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)**

543

№ 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																	
1	Солос кукурузный мол-воск. спелости	68,8	9,0	1,3	0,8	51,3	30,2	18,5	4,4	36	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	8,0	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	16,5	2,9	1,6	57,3	33,0	9,9	11,1	24	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	15,5	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	27	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 злаковобобовое	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 ячменная	49,1	4,1	1,6	1,3	46,9	27,4	25,7	1,3	70	-	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 пшеничная	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	СППВ, %	СБ, %	НДНСБ, %	КДНСБ, %	N-фракции (% СБ)			Кр (% час) фр. В	НРБ (% СБ)	ПСВ 3% жм	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	соепс	9,5	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	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	36,5	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	

Продолжение приложения 2

№ п/п	Корм	СППВ, %	СБ, %	НДНСБ, %	КДНСБ, %	N-фракции (% СБ)			Кр(% час) фр. В	НР Б (% 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																	
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	-	39,0	-	-	18,3	74,8	6,9	10,4	68	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 глютеиновый корм	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	93,3	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	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																	
43	Перьевая мука гидролизованная с боенскими отходами	80,1	91,5	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	29,7	-	-	21,1	76,9	2	26,1	46	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	2,8	3,7	4,5	13	0,2	4,5	3,5	0,3	0,7	0,05	340	47	0,1	35	-
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 обрушенные	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 полножирная экструдированная	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 для крупного рогатого скота (NRC – 2001)**

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивалент сырого белка, N % x 6,25	Содержа- ние ос- новного элемента	Коэффици- ент биодос- тупности
<b>Источника Ca</b>		<b>Ca (%)</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 P</b>		<b>P(%)</b>		
Аммоний фосфорнокислый (двуосновной) (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , кормовой	97	115,9	20,60	0,80
Аммоний фосфорнокислый (однооснов- ной) (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, %	Эквивалент- тсырого бел- ка, N % x 6,25	Содержание основного элемента	Кэффи- циент биодос- тужности
Фосфорная кислота, $H_3PO_4^{xco}$	75	-	31,60	0,90
Натрий фосфорнокислый (монососновный) моногидрат $NaH_2PO_4 \cdot xH_2O$ , 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, $Na_2CO_3 \cdot xH_2O^{xci}$	100	-	37,08	0,90
Натрий хлорид (поваренная соль) $NaCl$ , кормовой	100	-	39,34	0,90
Натрий фосфорнокислый (одноосновной) моногидрат, $NaHPO_4 \cdot xH_2O$ , 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

Продолжение приложения 4

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивалент сырого белка, N % x 6,25	Содержание основного элемента	Кэффи- циент биодос- тупности
<b>Источники К</b>		<b>К (%)</b>		
Калий бикарбонат, $\text{KHCO}_3^{\text{хч}}$	99	-	39,05	0,90
Калий карбонат, $\text{K}_2\text{CO}_3^{\text{хч}}$	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 (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, $\text{MgCl}_2 \cdot \text{xH}_2\text{O}^{\text{хч}}$	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, $\text{MgSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}$ 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 обезфторенной фосфорной кислоты, кормовой	97	-	1,22	
Кальций серноокислый дигидрат $\text{CaSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}$ , кормовой	97	-	18,62	
Медь серноокислая, пентагидрат, $\text{CuSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}$	100	-	12,84	
Дикальций фосфат (двуосновной) $\text{CaHPO}_4$ изобесфторенной фосфорной кислоты, кор- мовой	97	-	1,14	
Железо серноокисное, $\text{FeSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}$ , кормовой	98	-	12,35	
Магний серноокислый гектогидрат, $\text{MgSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}$ , кормовой	98	-	13,31	
Марганец серноокислый моногидрат, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}^{\text{хч}}$	100	-	18,97	
Марганец серноокислый пентагидрат, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{xH}_2\text{O}^{\text{хч}}$	100	-	13,30	

Продолжение приложения 4

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивалент сырого белка, N % x 6,25	Содержание основного элемента	Кoeffи- циент биодос- тупности
<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 (г/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, СоС1 <sub>2</sub> x6H <sub>2</sub> O <sup>хч</sup>	100	-	247,800	
<b>Источники Си</b>		<b>Си (г/кг)</b>		
Медь хлорная дигидрат, СиС1 <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 (г/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 (г/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 гектагидрат 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(г/кг)</b>		
Марганец углекислый, MnCO <sub>3</sub> хч	97	-	478,000	0,0015
Марганец хлористый MnC12хч	100	-	430,000	0,0120
Марганец хлористый тетрагидрат MnC12х4H2Oхч	100	-	277,000	0,0120
Оксид марганца, MnOхч	99	-	774,500	0,0025

Продолжение приложения 4

Источники минеральных элементов	СВ, %	Эквивалент сырого белка, N % x 6,25	Содержание основного элемента	Кэффи- циент биодос- тупности
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 (г/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 (г/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 (г/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 обезфторенной фосфорной кислоты, кормовой	97	-	2,100	
Кюрако фосфат, кормовой	99	-	5,550	
Дикальций фосфат (двуосновной) $CaHPO_4$ из обезфторенной фосфорной кислоты, кормо- вой	97	-	1,800	
Обезфторенны 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 переходный 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
<b>Итого</b>	<b>21,7</b>	<b>100</b>	<b>11,05</b>	<b>100</b>

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 в период сухостоя 225-265 дн. стельности (60-20 дней до отела), ж.м. 580-600 кг, BCS=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	0,12	0,50	0,12	1,0
Соль	0,012	0,05	0,01	0,1
<b>Итого</b>	<b>24,63</b>	<b>100</b>	<b>12,10</b>	<b>100</b>

Содержится в рационе:

	на гол/сут	Норма NRC	в 1 кг СВ	Норма NRC-2001
СВ, кг	12,1	12,0	-	-
ОЭ, МДж	108,9	102	9,0	8,5

СП, г	1355	1296	112	108
НРП, г	363	300	30	25
РП, 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 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%**

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
Патока	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	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
СБ, г	2788	2788	164	164
НРБ, 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 800 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
СБ, г	620	549	169	165
НРБ, г	172	173	47	48
РРБ, 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 12. Рацион для ремонтных телок в возрасте 6-12  
месяцев, ж. м. 177-330 кг, с. с. прирост 800 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 12

	На гол/сут	Норма	В1 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 месяцев, ж. м. 350 кг, с. с. прирост 800 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 I 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 14. 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
СБ, г	1090	988	138	125
НРБ, г	261	229	33	29
РРБ, 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 15. Рацион для нетелей в возрасте 16 месяцев, ж.м. 430 кг, с. с. прирост 0,85кг.**

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
СБ, г	1090	988	138	125
НРБ, г	261	229	33	29

Продолжение приложения 15

1	2	3	4	5
РРБ, 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 16. 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 17. 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.ДЗ	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> ·10H <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 18. 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	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	13,89	13,81	10,63	11,85	12,80	12,65	12,43	11,09	12,51	11,63	13,60	
ОЭ, МДж/кг для птиц	3320	3300	2540	2833	3060	3023	2970	2650	2990	2780	3250	8,5	9,0	12,0	13,0	11,5	14,0	11,2	8,0	8,5	11,5	9,5	
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	4,0	5,0	5,0	6,2	2,1	2,0	3,6	1,5	1,0	1,5	3,0	
Сырой жир	4,0	5,0	5,0	6,2	2,1	2,0	3,6	1,5	1,0	1,5	3,0	2,0	2,5	10,5	4,0	2,3	2,3	6,5	5,0	3,1	2,5	2,5	
Сырая клетчатка	2,0	2,5	10,5	4,0	2,3	2,3	6,5	5,0	3,1	2,5	2,5	9,6	10,6	27,0	6,5	12,0	12,0	15,8	23,7	12,2	12,3	18,0	
НДК	9,6	10,6	27,0	6,5	12,0	12,0	15,8	23,7	12,2	12,3	18,0	2,8	3,6	13,5	2,7	3,7	3,7	13,8	13,9	3,1	4,6	8,3	
КДК	2,8	3,6	13,5	2,7	3,7	3,7	13,8	13,9	3,1	4,6	8,3	1,92	2,3	1,62	2,4	0,83	0,9	1,92	0,28	0,4	0,76	1,13	
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	89	88	89	90	88	88	90	90	89	88	89	
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					
Минералы:																							
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; Rhonopoulenc animal nutrition, feed formulation guide 6-the dition 1993

Продолжение приложения 18

Состав, % натурального корма	Зерно злаковых культур				Семена бобовых культур и гречиха															
	ячмень озимый	ячмень яровой	ячмень шлифов.	тритикале	бобы конские	вика	горох	люпин белый сладкий	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,%									
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		0,22		0,25		0,1		0,09	
Фосфор общ.	0,35		0,35		0,45		0,33		0,54		0,39		0,51		0,59		0,38		0,31	
Фосфор дост.	0,17		0,17		0,2		0,16		0,13		0,15		0,1		0,11		0,1		0,15	

Продолжение приложения 18

564

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	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 свекло-ловичный	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	0,81	0,89	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 18

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 сыворожка	Белковый концентрат молочной сыворожки	45	50	55 (567асс567иренная)	60	из хамсы 65	селёдочная 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,%				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 18

598

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 19. Содержание минеральных веществ в кормах для свиней и птиц

Корм	Сухое вещест- во, %	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/к г
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 высо- колизиновая	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 шлифо- ванный	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 полножир- ная экстради- ров.	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 19

Корм	Сухое вещест- во,%	Ca,%	Р общ.,%	Р дост.,%	Na,%	Cl,%	K,%	Mg,%	S,%	Cu,мг/ кг	Fe,мг/к г	Mn,мг/ кг	Se,мг/к г	Zn,мг/к г	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 19

Корм	Сухое вещест- во,%	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 кон- центрат	90	0,17	0,59	0,36	0,06	0,03	1,20	0,33	0,29	15	285	39	0,28	47		
рисовый белко- вый концентрат	93	0,10	0,72													
жом сухой свек- ловичный	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 обо- лочка	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 19

Корм	Сухое вещест- во,%	Ca,%	Р общ.,%	Р дост.,%	Na,%	Cl,%	K,%	Mg,%	S,%	Cu,мг г/кг	Fe,мг /кг	Mn, мг/кг	Se,мг /кг	Zn,мг /кг	Co,мг г/кг	I,мг/кг г
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% СБ	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% СБ	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 19

Корм	Сухое вещество,%	Ca,%	Р общ.,%	Р дост.,%	Na,%	Cl,%	K,%	Mg,%	S,%	Cu,мг /кг	Fe,мг /кг	Mn, мг/кг	Se,м г/кг	Zn,м г/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:																
СБ 45%	93	12	5,0	4,0	0,80	0,75	0,70	0,51	0,42	13	670	20	0,40	105		
СБ 50%	93	10	4,5	3,6	0,60	0,69	0,65	0,41	0,38	11	606	17	0,34	96		
СБ 55%	93	9,5	4,5	3,59	0,70	0,81	0,60	0,38	0,40	11	550	15	0,39	98		
СБ 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, СБ 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
селедочная, СБ 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, СБ 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, СБ 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													
кроваая:																
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 19

Корм	Сухое вещество,%	Ca,%	Р общ.,%	Р дост.,%	Na,%	Cl,%	K,%	Mg,%	S,%	Cu,мг/ г/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 574ассло	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 20. Содержание витаминов и линолевой кислоты в кормах

Корм	Сухое вещество, %	Биотин, мг/кг	Холин, мг/кг	Фолиевая кислота, мг/кг	Ниацин, мг/кг	Пантотен. к-та, мг/кг	Рибофлавин, мг/кг	Тиамин, мг/кг	Пиридоксин, мг/кг	Витамин В <sub>12</sub> , мг/кг	Витамин Е, мг/кг	β-каротин, мг/кг	Линолевая к-та, %
Кукуруза желтая	87	0,21	710,0	0,26	21,0	6,0	1,4	3,8	4,8	0	55,0	3,2	1,92
Овес	87	0,15	1100	0,27	15,0	10,0	1,2	4,8	2,6	0	28,0	0,2	1,62
Овес шелушенный	87	0,2	940	0,29	11,0	9,0	1,1	4,9	2,7	0	34,0	0,1	2,40
Пшеница озимая	87	0,09	900	0,35	50,0	11,0	1,7	4,1	5,0	0	60,0	0,14	0,83
Пшеница яровая	87	0,12	900	0,40	56,0	12,0	1,3	4,6	5,6	0	61,0	0,1	0,90
Просо	87	0,16	440	0,32	29,0	11,0	0,7	3,2	4,6	0	23,0	0,1	1,92
Рис	87	0,12	850	0,35	38,0	6,0	0,8	3,4	5,4	0	10,0	0	0,28
Рис шлифованный	87	0,04	1000	0,20	16,0	4,0	0,4	1,4	20,0	0	4,5	0	0,40
Рожь	87	0,06		0,55	13,0	10,0	2,0	4,4	4,1	0	53,0	0,18	0,76
Сорго	87	0,20	930	-	33,0	10,0	1,6	4,6	4,0	0	27,0		1,13
Ячмень озимый	87	0,11	1100	0,40	45,0	7,0	1,3	3,3	4,6	0	27,0	4,1	0,91
Ячмень яровой	87	0,14	1030	0,31	55,0	8,0	1,8	4,5	5,0	0	7,5	4,1	0,88
Ячмень шлифованный	87		800	0,24	20,0	5,0	0,6	1,2	3,6	0	37,0	0	1,14
Бобы конские	90	0,09	1670	-	26	3,0	2,9	5,5	-	0	0,8	-	0,62
Вика	90									0			
Горох	90	0,19	2000	0,16	22,0	22,0	1,5	8,1	2,7	0	91,0	1,0	0,47
Люпин белый сладкий	90	0,05								0	7,5		1,62
Соя полножирная экстрадированная	90	0,24	2300	0,7	22,0	15,0	2,6	3,9	5,5	0	10,0	1,0	9,13
Чечевица	90	0,13		0,70	18,0	15,0	2,1	5,0	5,5	0	0,0	1,0	0,41
Гречиха	90	0,06	440,0	0,28	39,0	12,0	1,4	3,0	3,4	0	64,0	0,1	0,53
Пшеничная кормовая мука	88	0,11	1500	0,40	45,0	9,0	1,5	18,0	5,5	0	30	-	0,8
Тритикале	87		4,62				0,4				2,0		0,71
Отруби пшеничные	88	0,24	1170	1,40	105,0	22,0	3,3	18,1	7,2	0	30,1	3,0	1,8
Пшеничная крупка	88	0,33	1190	0,76	72,0	16,0	1,8	170	9,0	0	20,0	3,0	1,9

## Продолжение приложения 20

Корм	Сухое вещество, %	Биотин, мг/кг	Холин, мг/кг	Фолиевая к-та, мг/кг	Ниацин, мг/кг	Пантотен. к-та, мг/кг	Рибофлавин, мг/кг	Тиамин, мг/кг	Пиридоксин, мг/кг	Витамин В <sub>12</sub> , мг/кг	Витамин Е, мг/кг	β-каротин, мг/кг	Линолевая к-та, %
Рисовые отруби	88	0,35	1130	3,2	293,0	23,0	2,5	22,5	26,0	0	10,0	-	4,12
Рисовые отходы от полировки зерна	88	0,37	1240	0,20	520	47,0	1,8	19,8	27,0	0	61,0	0,1	3,58
Зерно кукурузы из спиртовой барды	90	0,49	1180	0,90	37,0	12,0	5,2	1,7	4,4	0	13,0	3,0	4,46
Зерно кукурузы из спиртовой барды+экстракт	90	0,78	2640	0,90	75,0	14,0	8,6	2,9	8,0	0	-	3,5	2,15
Пивная дробина	90	0,24	1700	7,1	43,0	8,0	1,4	0,6	0,7	0	-	0,2	3,14
Кукурузный глютеный корм	90	0,14	1520	0,28	66,0	17,0	2,4	2,0	13,0	0	8,5	1,0	1,43
Кукурузный зародыш экстрагированный	90	0,22	2000	0,20	42,0	7,0	3,7	6,0		0	87,0	2,0	0,70
Кукурузный глютен 60	90	0,21	500	0,26	21,0	6,0	1,4	1,5	4,8	0	7,0	1,0	1,17
Жом свекловичный	88		800		18,0	1,3	0,7	0,4	1,9	0	13,0	0,5	-
Арахисовый жмых	92	0,35	1850	0,70	166,0	47,0	5,2	7,1	7,4	0	2,7	-	1,70
Арахисовый шрот	92	0,39	1850	0,50	170,0	53,0	7,0	5,7	6,0	0	2,7	-	0,30
Подсолнечный жмых	92												2,70
Подсолнечный шрот	92	1,40	3790	1,14	264,0	29,9	3,0	3,0	11,0	0	9,1	0,2	1,20
Соевый шрот из ядер семян	92	1,45	3150	1,14	220,0	24,0	3,6	3,5	13,7	0	9,1	-	0,69
Соевый жмых	92	0,32	2850	0,7	21,0	13,0	2,5	1,7		0	3,3	-	1,60
соевый шрот	92	0,27	2800	1,37	21,0	16,0	2,9	4,5	6,0	0	2,5	0,2	0,69
соевый шрот из семян без оболочки	92	0,26	2700	1,37	22,0	15,0	3,1	3,2	6,4	0	2,3	0,2	0,60
Соевый белковый изолят	92	0,30	2,0	2,50	6,0	4,2	1,7	0,3	5,4	0	-	-	-

## Продолжение приложения 20

Корм	Сухое вещество, %	Биотин, мг/кг	Холин, мг/кг	Фолиевая к-та, мг/кг	Ниацин, мг/кг	Пантотен. к-та, мг/кг	Рибофлавин, мг/кг	Тиамин, мг/кг	Пиридоксин, мг/кг	Витамин В <sub>12</sub> , мг/кг	Витамин Е, мг/кг	β-каротин, мг/кг	Линолевая к-та, %
Рапсовый жмых	92	0,9	6700	2,3	160,0	9,5	3,7	5,2	-	0			0,55
Рапсовый шрот	90	0,98	6700	0,83	160,0	9,5	5,8	5,2	7,2	0	13,4	-	0,42
Кунжутный жмых	91	0,24	1530	-	30,0	6,0	3,6	2,8	12,5	0	1,0	0,2	5,21
Кунжутный шрот	91	0,20	1560	1,0	32,0	6,1	4,0	3,1	11,1	0	-	-	3,67
Льняной шрот	91	0,41	1510	1,3	33,0	14,7	2,9	7,5	6,0	0	2,0	0,2	0,36
Шрот кокосового ореха	91	0,25	1090	0,30	28,0	6,5	3,5	0,7	4,4	0	7,7	-	0,03
Хлопковый жмых	91	0,30	2750	1,65	38,0	10,0	5,1	6,4	5,3	0	35,0	0,2	3,15
Хлопковый шрот	91	0,30	2930	1,65	40,0	12,0	5,9	7,0	5,1	0	14,0	0,2	0,51
Сафлоровый шрот	92	1,03	820,0	0,50	11,0	33,9	2,3	4,6	12,0	0	16,0	-	0,84
Сафлоровый шрот из семян без оболочки	92	1,03	3250	1,60	22,0	39,0	2,4	4,5	11,3	0	16,0	-	0,74
Люцерновая мука:													
15% СБ	90	0,25	1400	1,54	42,0	21,0	10,6	3,0	5,0	0	98,0	63,0	0,30
17%СБ	90	0,54	1400	1,36	38,0	29,0	13,6	3,4	6,5	0	49,8	95,0	0,35
Казеин	95	0,04	205,0	0,51	1,0	3,5	4,2	0,6	0,4	-	0,36	-	0,01
Сухое обезжиренное молоко	95	0,15	1100	0,26	12,0	33,0	18,0	3,0	3,0	0,036	4,1	-	0,03
Сухая молочная сыворотка	95	0,22	1400	0,81	11,0	43,4	27,1	3,3	4,2	0,025	0,3		0,01
Мясная и мясокостная мука:													
45% СБ	93	0,06	1800	0,42	54,0	6,0	4,8	0,6	2,3	0,070	1,1		0,01
50% СБ	93	0,08	2000	0,50	57,0	5,0	4,7	0,6	2,4	0,080	1,2		
55% СБ	93	0,08	2000	0,41	49,0	4,1	4,7	0,4	4,6	0,090	1,6		
60% СБ	93	0,1	2100	0,40	45,0	4,0	4,7	0,4	4,9	0,100	1,7		

## Продолжение приложения 20

Корм	Сухое вещество, %	Биотин, мг/кг	Холин, мг/кг	Фолиевая к-та, мг/кг	Ниацин, мг/кг	Пантотен. к-та, мг/кг	Рибофлавин, мг/кг	Тиамин, мг/кг	Пиридоксин, мг/кг	Витамин В <sub>12</sub> , мг/кг	Витамин Е, мг/кг	β-каротин, мг/кг	Линолевая к-та, %
Рыбная мука:													
Из хамсы, 65% СБ	92	0,13	4400	0,37	100,0	15,0	7,1	0,3	4,0	0,280	5		0,27
Селечья, 70% СБ	93	0,13	5300	0,37	93,0	17,0	10,0	0,4	4,8	0,403	15,0		0,15
Менхаден 60% СБ	92	0,13	3050	0,37	55,0	9,0	4,9	0,5	4,0	0,143	5,0		0,12
Сухой экстракт 64% СБ	92	0,18	3500	0,02	169,0	35,0	14,6	5,5	12,2	0,347	-		0,12
Белая мука	91	0,13	3100	0,37	59,0	10,0	9,0	1,7	5,9	0,090	5,0		0,08
Кровяная мука: обычная	92	0,03	850,0	0,10	31,0	2,0	2,4	0,4	4,4	0,044	1,0		0,09
распылительной сушки	93	0,28	485,0	0,40	23,0	3,7	3,2	0,3	4,4	-	1,0		0,17
Яичный порошок	92	0,73	32000	1,16	4,0	55,0	12,8	3,6	5,5	0,043		3,0	
Отходы птицебоен:													
кровяная мука высокотемпературной сушки	92	0,08	780,0	0,10	23,0	1,0	1,4	1,0	4,4	0,044	1,0		-
перьевая гидролизованная мука	93	0,13	890,0	0,20	21,0	10,0	2,1	0,1	3,0	0,078	7,3		0,83
мука из отходов птицебоен	90	0,09	6000	0,50	47,0	11,0	10,5	0,2	4,4				
Пивные дрожжи		0,63	3980	9,9	448,0	109,0	37,0	92,0	42,8	0,001	10,0		
Торула		0,58	2880	22,4	493,0	84,0	50,0	6,2	36,3				

## Приложение 21. Комбикорм для поросят 13-25 кг жм

Компоненты	579асс %	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 22. Комбикорм для растущих свиней 25-48 кг жм

Компоненты	580асс %	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
Содержится в комбикорме		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 23. Комбикорм для откорма свиней 48-74 кг жм

Компоненты	581асс %	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 24. Комбикорм для откорма свиней 74-100 кг жм

Компоненты	582асс %	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 НСІ	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 25. Комбикорм для откорма свиней 100-120 кг жм

Компоненты	583асс %	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	Cu, 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 26. Комбикорм для свинок в 1-ю половину супоросности 0-74 дней, жм 133 кг**

Компоненты	584асс %	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 HCl	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	Cu, 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 27. Комбикорма для свинок в 2-ю половину супоросности 75-115 дней, жм 160 кг**

Компоненты	585асс %	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 E, мг/кг	35,0
Соль (NaCl)	0,35	Витамин K <sub>3</sub> , мг/кг	4,0
Моно-Са-Р	1,0	Витамин B <sub>2</sub> , мг/кг	8,0
Мел	1,5	Витамин B <sub>6</sub> , мг/кг	1,0
Премикс вит.-микроэл.	1,0	Витамин B <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 PP (B <sub>5</sub> ), мг/кг	40,0
Лизин общий, %	0,80	Са-пантотенат (B <sub>3</sub> ), мг/кг	28,0
Лизин ИИП, %	0,68	Fe, мг/кг	150,0
Метионин+цистин общий, %	0,59	Cu, 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 28. Комбикорм для лактирующих маток, жм 150 кг,  
живых поросят 10, средний привес поросят 250 г**

Компоненты	58басс %	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 белок, %	17,6	Витамин РР (В <sub>3</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 29. 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 белок, %	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 30. 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 белок, %	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 31. Комбикорм полнорационный для цыплят бройлеров, кросса «Росс-308»**

Показатель	«Старт» 1-14 дней, %	«Рост», 15-28 дней, %	«Финиш» 29-42 дней, %
Кукуруза	19,4	45,19	52,29
Пшеница	24,37	0,2	0,2
Жмых подсолн.	5	10	6,5
Дрожжи кормовые 37 %	5	5	1,5
Соль	0,067	0	0
Жмых соевый	42,175	35,37	35,37
Фосфат дефтор	1,6	1,6	1,6
Сода пищевая	0,09	0,2	0,2
Мел	0,908	0,6	0,6
П5-1 Старт Росс 308	1	1	1
Лизин (78)	0,23	0,1	0,1
Метионин	0,16	0,03	0,03
Жир растит*	0	0,7	0,6
Целлолюкс	0	0,01	0,01
Итого	100	100	100

**Приложение 32. Состав 10%-ного БВМД  
для растущих свиней (2-4 мес.)**

Компоненты	На 1 кг корма		На 1 т корма	
	ед. изм.	кол-во	ед. изм.	кол-во
Витамины: А	М.Е.	10000	млн. И.Е.	10
D <sub>3</sub>	М.Е.	1000	млн. И.Е.	1
Е	мг	20	г	20
К <sub>3</sub>	мг	1	г	1
В <sub>1</sub>	мг	1,5	г	1,5
В <sub>2</sub>	мг	3	г	3
С	мг	0,1	г	0,1
В <sub>6</sub>	мг	2,5	г	2,5
В <sub>12</sub>	мкг	20	мг	20
РР (В <sub>5</sub> )	мг	30	г	30
В <sub>3</sub>	мг	25	г	25
В <sub>4</sub>	мг	200	г	200
Вс	мг	1	г	1
Н	мг	0,2	г	0,2
Микроэлементы: Fe	мг	100	г	100
Cu	мг	12	г	12
Mn	мг	30	г	30
Zn	мг	120	г	120
I	мг	0,3	г	0,3
Se	мг	0,3	г	0,3
Трикальцийфосфат	г	8	кг	8
NaCl	г	3	кг	3
Биовит 80	г	1,5	кг	1,5
Лизин – HCl	г	2,25	кг	2,25
Метионин	г	0,3	кг	0,3
Треонин	г	0,8	кг	0,8

Наполнитель – соевые жмых или шрот.

**Приложение 33. Состав 5%-ного БВМД  
для откорма свиней (4-6 мес.)**

Компоненты	На 1 кг корма		На 1 т корма	
	ед. изм.	кол-во	ед. изм.	кол-во
Витамины: А	М.Е.	6000	млн. И.Е.	6
D <sub>3</sub>	М.Е	700	млн. И.Е.	0,7
Е	мг	12	г	12
К <sub>3</sub>	мг	1	г	1
В <sub>2</sub>	мг	3	г	3
В <sub>6</sub>	мг	1,5	г	1,5
В <sub>12</sub>	мкг	10	г	0,01
РР (В <sub>5</sub> )	мг	20	г	20
В <sub>3</sub>	мг	12	г	12
В <sub>4</sub>	мг	100	г	100
Микроэлементы: Fe	мг	90	г	90
Cu	мг	10	г	10
Mn	мг	20	г	20
Zn	мг	100	г	100
I	мг	0,3	г	0,3
Se	мг	0,2	г	0,2
Трикальцийфосфат	г	7	кг	7
NaCl	г	3	кг	3
Биовит 80	г	1,5	кг	1,5
Лизин	г	2,5	кг	2,5
Треонин	г	0,5	кг	0,5

Наполнитель – соевые шрот или жмых.

**Приложение 34. Требования ГОСТ 27978-88 к качеству  
зелёных кормов (извлечение)**

Наименование источника зеленых кормов	Фаза уборки	Содержание сырого протеина в сухом веществе, %, не менее	Содержание в 1 кг сухого вещества	
			ОЭ, МДж, не менее	Корм.ед., не менее
1. Сеянные злаковые многолетние и однолетние травы	Не позднее начала выметания (колошения)	15	10,3	0,86
2. Сеянные бобовые многолетние и однолетние травы (кроме люцерны)	Не позднее начала цветения многолетних,	17	10,1	0,83
3. Люцерна	Не позднее бутонизации	17	9,6	0,75
4. Сеяные бобово-злаковые или злакобобовые многолетние и однолетние травы	Не позднее начала цветения бобовых и начала колошения злаковых	16	10,1	0,83
5. Зернофуражные культуры	Не позднее начала выметания (колошения)	11	10,1	0,83
6. Кукуруза	Не позднее начала образования початков	9	10,3	0,86
7. Подсолнечник и его смеси с другими культурами	Не позднее начала цветения	10	10,0	0,81
8. Рапс, сурепица и другие крестоцветные культуры	Не позднее цветения	16	10,4	0,86
9. Травы природных кормовых угодий	Не позднее начала выметания (колошения)	10	10,0	0,81
10. Листья корнеплодов	Перед уборкой корнеплодов	12	10,4	0,88

**Приложение 35. Требования ОСТ 10243-2000 к качеству сена  
(извлечение)**

Состав	Сеяное бобовое			Сеяное злаковое			Сеяное бобово-злаковое			Естественных сенокосов		
	класс											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Бобовые растения, %, не менее	90	75	60	-	-	-	50	35	20	-	-	-
Злаковые и бобовые растения, %, не менее	-	-	-	90	75	60	-	-	-	-	-	-
Массовая доля сухого вещества, %, не менее	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
Содержание сырого протеина в % от сухого вещества, не менее	15	13	10	12	10	8	13	11	9	11	9	7
Массовая доля сырой клетчатки, % СВ	28	30	31	30	32	33	29	31	32	30	32	33
Питательность 1 кг сухого вещества, не менее:												
обменной энергии, МДж	9,2	8,8	8,2	8,9	8,5	8,2	9,1	8,6	8,2	8,9	8,5	7,9
ЭКЕ, МДж	0,92	0,88	0,82	0,89	0,85	0,82	0,91	0,86	0,82	0,89	0,85	0,79

**Приложение 36. Требования ОСТ 10242-2000 к качеству искусственно высушенных травяных кормов (извлечение)**

Показатель	Норма для класса		
	1-го	2-го	3-го
Цвет и запах	Темно-зеленый или зеленый, без признаков горелости, а также затхлого, плесневелого гнилостного и других посторонних запахов		
Влажность %			
Муки	9-12	9-12	9-12
Гранул и брикетов	9-14	9-14	9-14
Резки	10-15	10-15	10-15
Массовая доля сырого протеина в сухом веществе, %, не менее	19	17	15
Массовая доля сырой клетчатки в сухом веществе, %, не менее	23	25	27
Массовая концентрация каротина в 1 кг сухого вещества, мг не менее	200	150	100

**Приложение 37. Требования ОСТ 10202-97 к качеству силоса  
(извлечение)**

Показатели	Класс		
	I	II	III
Массовая доля сухого вещества, %, не менее			
кукуруза	26	20	16
однолетняя бобовая трава	28	26	25
однолетняя бобово-злаковая смесь	25	20	18
однолетняя злаковая трава	20	20	18
многолетняя провяленная трава	30	30	25
Массовая доля в сухом веществе сырого протеина, % не менее в силосе из:			
кукурузы	7,5	7,5	7,5
бобовых трав	15	13	11
злаковобобовых трав и смесей других растений с бобовыми	13	11	9
злаковых т рав, подсолнечника, других растений и их смесей	11	9	8
Сырой клетчатки, % не более	30	33	35
Сырой золы, % не более в силосе из:			
подсолнечника	13	15	17
других растений	10	11	13
Масляной кислоты, % не более	0,5	1	2
Содержание молочной кислоты в общем количестве кислот, % не менее в силосе из:			
кукурузы, сорго, суданской травы	55	50	40
других растений	50	40	30
рН силоса из:			
кукурузы	3,8-4,3	3,7-4,4	3,6-4,5
других растений (кроме люцерны)	3,9-4,3	3,9-4,3	3,8-4,5

К внеклассному относят силос бурого и тёмно-коричневого цвета с сильным запахом мёда или свежеспечённого ржаного хлеба, соответствующий по остальным показателям требованиям стандарта.

### Приложение 38. Требования ОСТ 10201-97 к качеству сенажа (извлечение)

Показатели	Характеристика и норма для классов		
	I	II	III
Запах	Ароматный фруктовый		Ароматный фруктовый; допускается слабый запах мёда или свежеспечённого ржаного хлеба.
Цвет	Серовато-зелёный, жёлто-зелёный; для клевера допускается светло-коричневый		Серовато-зелёный, жёлто-зелёный, для клевера допускается светло-коричневый; допускается светло-бурый
Массовая доля сухого вещества, %, в сенаже:			
бобовом и бобово-злаковом	40-55	40-55	40-55
злаковом и злаково-бобовым	40-60	40-60	40-60
Массовая доля в сухом веществе сырого протеина, %, не менее, в сенаже:			
бобовом и бобово-злаковом	16	14	12
Злаковом и злаково-бобовом	14	12	10
Массовая доля в сухом веществе сырой клетчатки, %, не более			
бобовом и бобово-злаковом	30	33	35
Злаковом и злаково-бобовом	28	32	34
Массовая доля в сухом веществе легкорастворимых углеводов, %, не менее	2	-	-
Содержание каротина в сухом веществе, мг/кг, не менее	55	40	30
Массовая доля масляной кислоты в сенаже, %, не более	Не допускается	0,1	0,2

### Приложение 39. Требования ГОСТов к качеству зерна (извлечение)

Показатели качества зерна	Злаковые (овес, рожь, ячмень, кукуруза, пшеница, просо, сорго)		Бобовые (бобы кормовые, горох, вика, люпин кормовой, нут, чечевица, чина)	
	кондиции			
	Базисные (норма)	Ограничительные	Базисные (норма)	Ограничительные
Цвет и блеск	Нормальные зерна, соответствующие виду и сорту			
Состояние	Не греющееся			
Запах	Свойственный нормальному зерну; незатохлый, неплесневелый, негнилостный, несолодовый и без каких – либо иных посторонних запахов			
Влажность	14	17	16	20
Зараженность	Не допускается			
Примесь, %:				
сорная	1	5	1-2	8
зерновая	2	15	2	15

## Приложение 40. Требования к качеству жмыхов и шротов

Вид корма	Содержание в абсолютно сухом веществе, %			Цвет	Примечание
	сырой протеин, не менее	сырая клетчатка, не более	зола, нерастворимая в 10% HCl, не более		
<b>Жмых:</b>					
подсолнечный	38	20	1	Серый разных оттенков	ГОСТ 80-96
конопляный	35	-	1,5	Темно-серый разных оттенков	ГОСТ 11694-66
Льняной (I/II сорта)	34	9/14	9	От серого до светло-коричневого	ГОСТ 10974-95
Соевый	42,5	7	1,5	От светло-желтого до светло-бурого	ГОСТ 27149-95
Рапсовый	37	16	1,5	От серого до светло-коричневого	ГОСТ 11246-96
Хлопковый (I/II сорта)	38/30	12/16	2/2	От светло-желтого до темно-желтого	ГОСТ 68-74
<b>Шрот:</b>					
подсолнечный	38	23	1	Серый разных оттенков	ГОСТ 11246-96
конопляный	32	-	1,5	То же	ГОСТ 17256-71
Льняной (I/II сорта)	36	9/14	15	То же	ГОСТ 10471-96
Соевый	45	7	1,5	От светло-желтого до светло-бурого	ГОСТ 1220-96
Рапсовый	37	16	1,5	От серого до светло-коричневого	ГОСТ 30257-95
Хлопковый (I/II сорта)	44/36	14/25	0,5/1	То же	ГОСТ 606-75

Примечание: 1. В тостированных соевых жмыхе и шроте активность уреазы по разности рН должна составлять 0,1-0,3 и 0,1-0,2 соответственно. 2. В рапсовых жмыхе и шроте массовая доля изотиоцианатов в пересчете на абсолютно сухое вещество не должно превышать 0,8%. 3. В хлопковых жмыхе и шроте массовая доля свободного госсипола в пересчете на абсолютно сухое вещество должна составлять не более 0,02%.

**Приложение 41. Требования ГОСТ 17536-82 к муке кормовой животного происхождения (извлечение)**

Вид муки и ее сорт	Содержание, %						
	Влаги, не более	Жира, не более	Золы, не более	Протеин, не менее	Кальций, не более	Фосфора, не менее	Металло-магнитных частиц, размером до 2 мм (мг в 1 кг), не более
<b>Мясо-костная мука</b>							
I	9	13	26	50	-	-	150
II	10	18	28	42	-	-	200
III	10	20	38	30	-	-	200
<b>Мясная мука</b>							
I	9	14	11	64	-	-	150
II	10	20	14	54	-	-	200
<b>Кровяная мука</b>							
I	9	3	6	81	-	-	150
II	11	5	10	73	-	-	200
<b>Мука из гидролизованного пера</b>							
I	9	4	8	75	-	-	150
II	10	7	20	58	-	-	200
<b>Костная мука</b>							
I	10	10	60	20	-	-	150
II	10	15	-	15	-	-	200
<b>Мука из непищевой рыбы</b>	12	10	-	48-36	13	5	100

## Приложение 42. Оптимальные нормы скармливания синтетических азотсодержащих кормовых добавок

Вид и группа животных	От нормы переваримого протеина, %	Мочевина (натуральная)	
		В сутки на голову, г	В сухом веществе рациона, %
Коровы стельные сухостойные и нетели	Не рекомендуют	-	-
Коровы лактирующие	15-20	Не более 100-120	0,7-1,0
Молодняк КРС старше 6 мес.	20-25	40-50	Не более 1%
Молодняк КРС при откорме	25-30	50-90	
Овцы суягные и подсосные	30-35	13-18	
Ягнята старше	25-30	8-12	

### Азотсодержащие добавки

Синтетические азотистые вещества (САВ)	1 г САВ эквивалентного переварим. протеину	Синтетические азотистые вещества (САВ)	1 г САВ эквивалентного переварим. протеину
Мочевина (карбамид)	2,6	Бикарбонат аммония	1,0
Диаммоний фосфат	1,2	Хлористый аммоний	1,4
Сульфат аммония	1,2	Ацетил – мочевина	≈ 1,4
Фосфат мочевины	1,0	Синтетич. аммиачная вода	1 – 1,15

# Алфавитный указатель

## А

- ARC 215,276  
Aspergillus clavatus 437  
Aspergillus flavus 437, 522, 525, 526  
Aspergillus fumigatus 437  
α – адренергитические рецепторы 196  
Абортирование 436  
Авенин 460, 461  
Аденин 178, 179  
Аденозин 178  
Аденозиндифосфат – АДФ 107, 155  
Аденозинмонофосфат – АМФ 155, 208  
Аденозинтрифосфат – АТФ 154,155, 222  
Адреналин 152, 196  
Адреноркотропный гормон (АКТ) 197  
Азот (N):  
    методы определения 12-14  
    переваримость 53-54  
    баланс в теле 205  
    расчет теплопродукции 232-233  
    в рубце жвачных 263-265  
    в пастбищных травах 412-414  
    в сене 419  
    в силосе 434, 440, 443  
    синтетические азотосодержащие вещества 595  
Аконитаза (аконитовая кислота 161)  
Активаторы ферментов 139  
Активный транспорт в кишечнике 35  
Алейроновый слой 453, 463,464  
Алкалоиды 524  
Алкалоз 305  
Алкилрезорцинолы 519  
Аланин 34,92,94,101,123,182  
Альбумины 93,94  
Альбумины: пшеница, ячмень, овес, кукуруза 457-461,465,470,480  
Альфа-кетоглутаровая кислота (альфа-кетоглутарат) 157-159, 250  
Аллюминий 371  
Амилоза 69,455  
Амилопектин 59,69,455,456  
Аминокислоты с разветвленными цепями 209  
Аминокислотный состав злаковых и бобовых трав 403,404  
Аминокислоты:  
    метод определения 145  
    пищеварение 26,33,35  
    в рубце 38-40  
    в структуре белков 91-93  
    незаменимые 98  
    симптомы дефицита 99  
    заменимые 101  
    источники энергии 167  
    в глюконеогенезе 174  
    обмен 203-205  
    в стабильности мРНК 206-208  
    как сигнальные вещества 209  
    определение потребности 240  
    доступность 245-248  
    имбаланс 254  
    действие на аппетит 257-2589  
    в идеальном белке 260, 262  
    в микробном белке 273  
    потребность коров 272-277  
    потребность телят 322  
    потребность свиней 334  
    потребность свиней в ИИП аминокислотах 338, 345, 346  
    потребность птиц 378, 383  
    в белках компонентов растительной клетки 402  
    содержание в кормах 543-546, 562-568  
Аминопептидаза 32, 34  
Аминостатическая теория 254  
Анаболизм 130-132,198  
Антагонизм аминокислот 255,257  
Антибиотики 361,368,386,507-509  
Антивитаминные факторы 520  
Антикодоны 185,187,189  
Антиоксиданты 798,126,145,360,386,512  
Антипитательные вещества сои 55,494  
Аппарат Гольджи 394,401  
Аппетит:  
    регуляция гормонами 40  
    регуляция аминокислотами 207,479  
    у коров в переходный период 298  
    у цыплят при имбалансе 254-258  
    у поросят 341  
    на монозерновых рационах 484,496  
Арабинаны 59,62,68  
Арабиноза 21,58,62,67,71,72,520  
Аргинин: 100,168-169  
Ароматические аминокислоты 33,126  
Аспарагин 101,106  
Аспарагиновая кислота (аспартат) 101,106,167,209,459-463  
АТФ- синтез 401  
Афлатоксины 526-527  
Ацетат (уксусная кислота) 72,156,214  
Ацетил-КоА 131,150,156,160-162,166-168,194,207  
Ацетон 66,301,520  
Ацетоуксусная кислота 301  
Ацидоз 20,299,301-303,308-310,510

## Б

*Byssoschlamys nivea* 438  
 β-адренергические рецепторы 196  
 β-гидроксимасляная кислота 301  
 β-рецепторы 196  
 Бактериальные закваски 445  
 Баланс углерода и азота 205,225,232-235  
 Баланс энергии 221,222,224,225,232-235,299, 443  
 Балансирующие кормовые добавки 392  
 Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) 15  
 Белки сои 2S,7S,11S,15S 458  
 Белковые корма 254,308,392,482,492,500,503  
 Белковые корма животного происхождения 101, 236, 492,500,503  
 Белковые тела 401,456,467-469  
 Белок:  
     методы определения 11-13  
     переваривание 34-35  
     определение переваримости 45-48  
     кажущаяся и истинная переваримость 54  
     классификация белков 91-97  
     энзимы-белки 134,138  
     биосинтез белка 178  
     биологическая ценность белка пшеницы и белой пшеничной муки 467  
     обновление белка 205-208  
     как источник энергии 208, 213-217  
     биологическая ценность 236-239  
     деградация белка 203-205, 435  
     деградация белка в рубце 52, 263-265  
     концепция идеального белка 259  
     белок в рубце жвачных 263  
     образование микробного белка 264  
     обменный (метаболический) белок 267-269  
     нормы белка для коров 306  
     факториальный метод определения потребности в белке у коров 284  
     белок в питании телят 326  
     идеальный белок для свиней 334  
     идеальный белок для птиц 372  
     органоедов растительной клетки 399  
     в травах 415  
     в силосе 442-444  
     фракции зерна 456  
     высоколизиновой кукурузы и ячменя 474, 476-483  
     структура первичная, вторичная, третичная, четвертичная 94-97  
     влияние удобрений на содержание белка в зерне 469,470  
 Биотин 121,128,151,319,363,379  
 Бобы конские 404,405,501  
 Ботанические виды пастбищных трав 414  
 Ботанический состав пастбищ 412  
 Бутироил-КоА 166  
 Бычий соматотропин 195,200,313

## В

1,25(ОН)<sub>2</sub>-витамин D 119,197,198,304,305  
 Валин 954,98,99,100,182,204  
 Валовая энергия (ВЭ) 211-218  
 Вальцовая мельница 486-488  
 Ван Соест 16-18  
 Вещества, связывающие металлы 521  
 Виды бактерий 437  
 Виды растений в сене 421,422  
 Виды энергии 211  
 Вика 392,404-405,414,501  
 Вилликинин 32,40  
 Виртанен 441  
 Витамины 117,127-129, 149, 356-359  
 Витамин А 117,127-129,289,357-360  
 Витамин В12 (цианкобаламин) 117, 125-126, 146, 152, 358, 379, 383  
 Витамин Д 86, 117-119, 128, 289, 293, 357, 360, 383, 420, 424  
 Витамин Е 117,127-129,152,289,357-361,365, 383  
 Витамин К 117,127,129,152,322  
 Витамин С 117,126-129  
 Вода:  
     определение в кормах 13-18  
     всасывание в кишечнике 38  
     в рационах коров 289, 309  
     в рационах свиней 366, 309  
     в рационах птиц 381, 389  
 Водянистые корма 392  
 Всасывание питательных веществ в пищеварительном тракте 23, 31,192  
 Всасывание–тонкий кишечник 31,34,119,126  
 Всасывание аминокислот 35, 36, 245, 262, 267  
 Всасывание в толстой кишке 38  
 Всасывание иммуноглобулинов 36  
 Всасывание моносахаридов 35,40  
 Вторичная структура белка 95  
 Выводимость 528,532  
 Высоколизиновые гибриды кукурузы 237, 238,253,468,472-479,482,485  
 Высоколизиновый ячмень 473-475, 480, 481  
 Г  
 Галактаны 59,61,71,395,398  
 Галактоза 33,35,58,61,62,65,71,91  
 Галактолипиды 62,406  
 Галактопозные гормоны 199  
 Гамма-карабоксилглутамат-белок 152  
 Гастрин 27,32,40,42  
 Гексарелин-6-АА 196  
 Гексозы 58,61,64,66,419,434  
 Гем 92,97,145,150,151,163  
 Гемицеллюлоза:  
     в сырой клетчатке 15  
     в составе НДК и КДК 17  
     в составе некрахмалистых полисахаридов 23  
     переваривание 38

- как гетерогликан 71
  - структура 397
  - гемицеллюлоза 511
  - Гены:
    - строение 180-187
    - генетический код 182
    - экспрессия 182, 208
  - Геном 180, 194, 195
  - Герметичность силосной массы 434
  - Гетероферментативные бактерии 435
  - Гетерогликаны 59, 68, 71, 91
  - Гиалуриновая кислота 72
  - Гидролазы 135, 189, 204, 461
  - Гипоксантин 172
  - Гипоталамус 40, 196, 197, 201, 204, 304
  - Гистидин 94, 98-100, 140, 182
  - Гистон хроматина ядра клеток 402
  - Гистоны 93, 401, 465
  - Глиадин 461-463
  - Гликоген 165, 232
  - Гликогенез 157
  - Гликогенолиз 157, 193
  - Гликозиды 519, 520
  - Гликолиз 131, 147, 157-160, 162, 173, 434
  - Гликолипиды 59, 74, 82, 402
  - Гликопротеины 59, 62, 91, 152, 398, 467
  - Гликохолевая кислота 87
  - Глицеральдегид-трифосфат 152, 158, 159
  - Глицин 34, 98, 103, 145, 398, 401-404
  - Глицинины 494
  - Глобулины 37, 53, 93, 94, 457, 459, 461, 467, 470, 474
  - Глобулины сои 458, 460, 494
  - Глобулины: пшеница, ячмень, овес, кукуруза 458, 460, 463, 465, 470, 480
  - Глюканы 23, 59, 68-70, 397
  - Глюкоза:
    - как продукт гидролиза 31
    - всасывание в кишечнике 35-41
    - молекулярная структура 58, 63-72
    - в обмене энергии 155-160
    - глюконеогенез 173-176
    - в синтезе лактозы 191-194
    - энергетическая ценность 213, 223
    - в метаболических заболеваниях коров 299, 308
    - в питании поросят 341
    - в зеленых кормах при силосовании 436, 456
  - Глюкозаминны 58, 59, 63, 64, 71, 72, 91
  - Глюкозинолаты 49
  - Глюкозо-6-фосфат 63, 134, 149, 163-165, 175, 523, 524
  - Глюконеогенез 121, 157, 173-175, 193, 197, 299
  - Глютамин 99, 101, 102, 104, 136, 168, 170, 171, 405, 461
  - Глютаминовая кислота (глутамат) 99, 101-103, 151, 167, 204, 273, 402-404, 459-463
  - Глютатион 145, 523, 524
  - Глютелины зерна злаков 457, 458, 462-464, 467, 470, 477
  - Гойтерогены 519
  - Головневые грибы 533-534
  - Голодный обмен 219, 226
  - Гомогликаны 59, 68, 70, 71
  - Гомоферментативные бактерии 435, 445
  - Гордеин 461, 462, 480
  - Горох 392, 455, 458, 501, 517, 518
  - Госсипол 496, 518
  - Гранулирование зерна 488-490, 500
  - Гранулы из травяной муки 423, 424
  - Грелин 196
  - Грибы и плесени:
    - в рубце жвачных 29
    - в зобе птиц 41
    - способность синтезировать незаменимые аминокислоты 98
    - в гликолизе 157
    - в пастбищных травах 416
    - в сене 420
    - в силосе 435-438
    - на зерновых 532-534, 537
  - Грубые корма:
    - в составе рациона 289, 291, 301, 302
    - классификация кормов 393
    - в соломе 426
    - в рабочих продуктах 506
    - методы анализа 16-19
    - переваривание в желудке жвачных 29-34
    - методы определения переваримости 47-54
  - Гуанин 152, 178-180
  - Гуанозинтрифосфат-ГТФ 149, 154, 173, 187, 189
- ## Д
- 1,25-дегидроксиголекальциферол 197
  - 1,3-дифосфоглицерат 173
  - 5-дезоксиаденозил-кобаламин 146
  - D-ксилоулозо-5-фосфат 136
  - D-рибозо-5-фосфат 171, 174
  - D-рибулозо-5-фосфат 136
  - Дегидрогеназа изолимонной кислоты 161
  - Дегидрогеназа янтарной кислоты 161
  - Дегидрохолестерол 86, 87
  - Дегидрогеназа яблочной кислоты 160
  - Дезаминирование аминокислот 150, 168, 204, 437, 441, 442
  - Дезоксиаденозинмонофосфат 179
  - Дезоксигуанозинмонофосфат 179
  - Дезокситимидинмонофосфат 179
  - Дезоксицитидинмонофосфат 179
  - Действие микроорганизмов при сушке сена 420, 422
  - Действие ферментов при сушке сена 419, 420
  - Декстрины 33, 70, 164, 489

Детоксикация зернофуража 537  
Дефицит незаменимых аминокислот 99, 100, 244  
Джоуль 210, 211  
Диаминомонокарбоновые кислоты 106  
Дигидроксиацетонфосфат 165  
Дикарбоновые аминокислоты 104, 105  
Диоксиацетонфосфат 158  
Дипептидаза 34  
ДНК 178-184, 209, 394  
ДНК-аза 34  
Доля отдельных продуктов в мировом производстве калорий, белка и лизина 454  
Донная зона желудка 28, 41  
Доступность аминокислот 245-248, 259, 503 518  
Доступность микроэлементов 109, 114, 353, 356, 521  
Дрожжи Кандида 403, 437  
Дрожжи кормовые 392  
Дыхательная цепь 162, 163  
Дыхательный обмен 225

### Е

*E. coli* 38, 437, 509, 531  
Еа-энергия активации некатализируемой реакции 139  
Еб-энергия активации катализируемой ферментативной реакции 139  
Единицы энергии 211  
Ежа сборная 405, 422, 449  
Естественно ферментированный силос 440

### Ж

Железо 107, 113, 142, 144 163, 354-355, 357, 358, 379, 383  
Желудок жвачных 26  
Желудок железистый 28  
Желудок лошади 28  
Желудок многокамерный 28, 29  
Желудок мышечный 41, 42, 532  
Желудок свиньи 28, 37, 290  
Желудок собаки 28  
Желудочный ингибиторный пептид 40  
Жирные кислоты  
    незаменимые 80  
    насыщенные 79, 80, 82  
    ненасыщенные 75, 77-83, 388  
    арахидоновая 80, 81  
    докозатксеновая 83  
    лауриновая 80  
    линолевая 80-83, 380, 406  
    линоленовая 80-83, 406, 562-568  
    олеиновая 80-83  
    пальмитиновая 80-83, 166, 406  
    стеариновая 77, 80, 83  
    цис и транс 79, 80

Жирорастворимые витамины 88, 117, 359  
Жмыхи и шроты из семян масличных 492-499, 526

### З

Задержание последа 303, 304  
Заменитель цельного молока (ЗЦМ) 83, 314-319, 321, 322, 388, 392, 505  
Зародыш:  
    в зерне злаков 454, 465, 466  
    корм из зародышей кукурузы 501  
Зеараленон 529-530  
Зеленая резка 410  
Зеленый конвейер 410, 411  
Зерно злаковых культур:  
    в классификации кормов 392  
    значение 454  
    структура и состав 454, 459  
    химический состав 540-542, 562-568  
    энергетическая ценность 516  
Зоб 41, 42, 113, 532

### И

Идеальный белок 253, 259, 335, 337, 338, 373, 374  
Извлечение масла 492, 493, 496, 498-500  
Измельчение растений 426, 432, 433, 435, 449  
Изолейцин:  
    незаменимость 98,99  
    симптомы дефицита 100  
    L-и D- изолейцин 103  
    формула 105  
    кодоны изолейцина 182  
Изолимонная кислота 161  
Изомальтаза 33  
Изомальтоза 33  
Изомеразы 136, 137, 149, 158, 165  
Изоотиоцианаты 519  
Изоцитрат 155, 161  
Имбаланс аминокислот 208, 209, 224, 254-259  
Имбаланс аминокислот и аппетит 254, 257-259  
Имуноглобулины 36, 100, 125, 319, 457, 529  
Ингибитор трипсина 55, 493, 495, 503, 516, 517  
Ингибитор трипсина Кюнитца 494  
Ингибитор химотрипсина 494  
Ингибиторы ферментов 139, 445, 446, 517  
Индикаторный метод  $Cr_2O_3$  определения переваримости 48, 49  
Инициация 187, 188, 209  
Инозиновая кислота 171  
Инсулиноподобный фактор роста (ИПФР-1) 194, 195, 198, 199, 304  
Инсулиноподобный фактор роста связывающий белок ИПФРСБ 195

### Й

Йод 107, 113, 114, 353

## К

- К<sup>+</sup> в качестве активатора ферментов 136, 139  
Cu<sup>2+</sup> как активатор ферментов 136, 141  
Калий 107, 108, 141, 352, 540-542  
Каллоза 59, 70  
Калориметрическая бомба 214  
Калория 210  
Кальций 107, 108, 109, 119, 120, 304, 287, 350-351, 372, 371, 383, 385, 547, 549  
Канцерогены 523  
Канареечник тростниковый 370, 383  
Каприлоил-КоА 166  
Капроил-КоА 166  
Капруил-КоА 166  
Карбоксипептидаза А 34  
Карбоксипептидаза В 34  
Кардиальная зона желудка 26, 28  
Каротиноиды 39, 89, 117, 118  
Кортизол 88, 173, 197, 200  
Катаболизм 151, 203, 204, 219, 444  
Каталитический центр ферментов 138, 141  
Катионно-анионный баланс (КАБ) 111, 294, 295  
β-каротин 107, 108, 293  
Кафирин (сорго) 462  
Качество белка для жвачных 262-272  
Качество воды 369, 370  
Квиноа 405  
Кератины 92, 206, 207  
Кетоз 299-301  
Кефалины 83  
Кислотно-детергентный нерастворимый сырой белок (КДНСБ) 17, 19, 398, 402  
Киста яичников 303, 304  
Кишечные транспортеры 35  
Кишечный сок 32, 43  
Классификация белков 91-97  
Классификация кормов 392-393  
Классификация липидов 74  
Классификация углеводов 58  
Классификация силосов 440  
Клевер белый 404, 414  
Клевер красный луговой 404, 449, 414  
Клетка алейронового слоя зерна ячменя 468  
Клетка эндосперма обычной и высоколизиновой кукурузы 456, 468  
Клетка эндосперма обычной кукурузы 456, 468  
Клетки слизистой желудка: главные, опкладочные, дополнительные 26-28  
Клеточные мембраны:  
    в слизистой тонкой кишки 34, 35  
    мембраны растительной клетки 401  
Клетчатка кислотно-детергентная (КДК) 16, 18-20, 213, 408  
Клетчатка нейтрально детергентная (НДК) 16-21, 23, 213  
Клоака у птиц 41, 47  
Клостридии в силосе 435, 436, 443  
Кобальт 112, 125, 152, 352  
Кодоны 181, 182, 185, 186  
Количество поджелудочного сока 32  
Коллаген 92, 104, 126, 207, 353  
Компартаменты 131  
Конглицинин 494  
Конденсирующий фермент 161  
Консерванты – ингибиторы ферментации силосов 446, 447  
Консервирование кислотами сырого зерна 488  
Конские бобы 392, 501, 518, 523, 524  
Концентрированные корма 41, 55, 266, 392, 454, 492  
Конформация белка и свободные радикалы 93-95  
Корма:  
    метод определения переваримости 51-52, 55  
    классификация 392  
    животного происхождения 392, 503  
    растительного происхождения 392  
Кормовая единица 210  
Кормовые нормы 277-285  
Костер безостый 403, 405, 414  
Кофакторы ферментов 140  
Коферменты 141  
Коферменты витаминные 141, 143, 144, 146-149, 175  
Коферменты невитаминные 141, 142, 146  
Козним А 147, 156, 160, 161  
Коэффициент переваримости 46-48  
Крахмал 12, 17, 58, 68, 69, 213  
Крахмальные гранулы 455, 456  
Креатин 149, 156, 203  
Кровяная мука 504  
Кровяная плазма 504  
Ксантин 172  
Ксантинооксидаза 172  
Ксенобиотики 147, 149  
Ксиланы 68  
Ксилоза 62  
Кукуруза:  
    содержание некрахмалистых полисахаридов 23  
    биологическая ценность белка 236  
    доступность аминокислот 247  
    лимитирующие аминокислоты 251  
    обогащение аминокислотами 251  
    в рационе коров 294-296  
    ферментарируемость в рубце 308  
    в составе стартера поросят 342  
    в классификации кормов 392  
    аминокислотный состав целого растения, стеблей и листьев 403  
    кукурузная солома 426, 427  
    в силосовании 432, 448  
    белковые фракции 456-460

высоколизиновая кукуруза 471-479,  
483-486  
кукуруза лопающаяся 489  
целое растение, стебли, листья 403, 443  
Кукурузная солома 426, 427

## Л

L- и D-аминокислоты 102, 103  
Luguminosae (бобовые) 501  
Лактаза 33, 137  
Лактатдегидрогеназа 134, 137, 139, 160  
Лактогенез 198-200  
Лактоза 33, 58, 66, 319, 340  
Лактопоз 198-200  
Ламелла хлоропласта 400  
Ламинит 303, 411  
Латиризм 521  
Лауроил-КоА 166  
Лебеда содовая 405  
Лейцин 98, 100, 103, 105, 209  
Лецитин 33, 83, 362  
Лецитиназа 33  
Лиазы 132, 133  
Лигазы 133  
Лигнин 15, 16-18, 20, 21, 396, 398  
Лизин:  
    формула 106  
    имбаланс 255-258  
    определенные потребности 240, 241  
    доступность 245, 334-335  
    действие на аппетит 254  
    усвояемый лизин у жвачных 272-275  
    кодоны лизина 182  
    доступность в кормах 247  
    D-лизин 103  
    синтетический лизин 244, 245  
    лимитирующая аминокислота 250-252  
Лизис бактерий в рубце 302  
Лизоцим (структура) 95, 96  
Лимитирующие аминокислоты 244, 245, 250-  
253, 255, 472, 475, 495  
Лимонная кислота 10, 115, 161, 387, 512, 513  
Липаза 33  
Липиды (жиры):  
    методы определения 15  
    переваривание в кишечнике 33  
    классификация 74  
    структура и химические свойства 75-78  
    жирнокислотный состав 82  
    ферменты, расщепляющие липиды 35  
    энергетическая ценность 213, 214  
    термальный эквивалент кислорода 229  
    в печени коров в переходный период  
    300  
    в теле животного 305  
    в ЗЦМ и в стартерах для телят 320  
    в приросте ремонтных телок 324

в приросте свиней 332  
в составе кормов 540-542, 562-568  
запасные 75, 81, 82  
простые 74, 75-77  
сложные 74, 82

Липовая кислота 143, 146  
Липопротеины 91  
Листерия 437  
Лопание и микронизация зерна 489  
Лошадь пищеварение 28, 37., 38  
Льняные шрот-жмых 499, 500  
Люпин 501, 502  
Люцерна:  
    хлоропласты 402  
    аминокислотный состав 404  
    небелковый азот 405  
    минеральный состав 406  
    сено 422  
    гранулы 424  
    в рационе свиней 425  
    влияние проявлявания на аминокислот-  
    ный состав силоса 442  
    сенаж приготовление 449-451  
Лядвенец рогатый 414

## М

Mg<sup>2+</sup> кофактор ферментов 144  
Mn<sup>2+</sup> кофактор ферментов 144  
Магний 108, 352, 289, 155  
Макроэлементы 107  
Малатдегидрогеназа 160  
Мальтаза 32, 33  
Мальтоза 33  
Маммогенез 198-200  
Маммогенные гормоны 198  
Маннаны 58, 71  
Марганец 108, 113, 355  
Марь обыкновенная 405  
Масляная кислота (бутират) 170  
Медь 108, 112-114, 353  
Мезофилл 407, 408  
Мелиссовая кислота 84  
Мембранное пищеварение 34  
Мембраны органоидов 401  
Метаболические заболевания 299-305, 389  
Метионин: 98, 100, 103, 105  
    в травах 405  
    усвояемый метионин у коров 272-275  
Метод in situ 50  
Метод in vitro 50  
Метод Осборна фракционирования белка 456,  
457  
Метод Бендера и Миллера – КУБ 238, 239  
Метод Томаса и Митчелла 236, 237  
Методы измерения теплопродукции 225-229  
Механические потери сена 421  
Микотоксины 526-537

Микробный сырой белок (МСБ) 264  
Микробный ценоз 436  
Микроорганизмы рубца 29-30  
Микроэлементы 112, 114, 352  
Минеральные вещества 107, 350, 547, 549, 562  
Минеральные источники для крупного рогатого скота 549  
Минеральный состав кормов для крупного рогатого скота 547  
Миристоил-КоА 166  
Молотковая мельница дробилка 487  
Молочная железа 192, 193  
Молочная кислота (лактат) 157, 160, 161, 301-303  
Молочно-кислые бактерии при силосовании 432, 436, 508, 509, 510  
Моноаминомонокарбоновые аминокислоты 104, 105  
Монозерновое кормление 472-474  
Мочевая кислота 400, 172  
Мочевина – образование 168, 169  
мРНК 184  
мРНК стабильность 206-208  
Мука перьевая гидролизованная 504, 505  
Муциновые вещества в семенах льна 499  
Мясо 54, 331, 334  
Мясокостная мука 504  
Мятлик луговой 403, 414

## Н

Na<sup>+</sup> кофактор ферментов 144  
NRC (2001) 20, 328, 357, 369, 543, 549  
Никотинамидадениндинуклеотид (НАД<sup>+</sup>) 144, 145, 146, 155, 158-160, 162  
НАД-зависимые дегидрогеназы 144  
НАДР<sup>+</sup> 144, 145, 146, 155, 158-160, 162  
Натрий 107, 108, 351  
Небелковый альфа-аминокислотный азот 405  
Нейлоновые мешочки 49-50  
Нейропептид Y 196  
Нейронные факторы 521  
Нейтрально-детергентный нерастворимый сырой белок (НДНСБ) 17, 19, 402, 540  
Некроз 113, 120, 123, 356, 361, 362, 363, 520, 531  
Непрямая калориметрия 228  
Нераспадаемый в рубце белок (НРБ) 263, 540, 543  
Ниацин (никотиновая кислота) 122, 123, 128, 363  
Низколигниновый силос 448  
Никотинамидные коферменты 143, 144  
Нитраты 415  
Нитриты 415  
Норадреналин 196  
Нормы аминокислот для птиц 243, 260, 374, 377, 379, 381, 383, 384

Нормы аминокислот для свиней 242, 243, 250-252, 259, 260, 333, 338, 340, 344-346, 348-350  
Нормы ИИП аминокислот 248, 334-340, 344-348  
Нормы минералов и витаминов для птиц 379  
Нормы питания в период яйцекладки 377, 378  
Нормы питания для выращивания молодняка в предкладковый период 375  
Нормы питания для цыплят бройлеров 383  
Нуклеаза 34  
Нуклеиновые кислоты 178  
Нуклеопротеины 92  
Нуклеотидазы 34  
Нуклеотиды 179

## О

5-окситриптамиин 143  
Обмен белка 178  
Обмен веществ 151  
Обмен энергии 154  
Обменная энергия (ОЭ) 211  
Обменный белок (ОБ) 267  
Обработка зерна теплом 488  
Объем желудочно-кишечного тракта 31, 37  
Объемистые корма 131  
Овес 457, 458, 459-463  
Овсяница луговая 403  
Одноклеточные водоросли как источники нуклеиновых кислот 403  
Окисление аминокислот 151, 152, 167, 168, 229, 372  
Окисление пальмитиновой кислоты 166  
Окислительные реакции 131, 155, 157-164  
Оксидоредуктазы 131  
Олигосахариды 58, 66-68  
Оптимальное количество рапсового шрота в комбикормах свиней 498  
Оризин 462  
Орнитин 168-169  
Основной обмен 218, 280-281  
Основные ошибки при сенажировании 452  
Отношение лизин: энергия 339  
Охратоксин А 528

## П

Paecilomyces viriottii 438  
Penicillium roqueforti 438  
Пальмитоил-КоА 166, 169  
Паницин 462  
Панкреатическая амилаза 33  
Пантотеновая кислота 123  
Пара-аминобензойная кислота 151  
Пассивный транспорт 34-36  
Пастбище естественное 411-413  
Пастбище культурное 411-113  
Патулин 532-533  
Пектин 20-23, 398

- Пентозофосфатный путь 163, 164  
 Пентозы 58, 62, 63  
 Пепсин 28, 33  
 Первичная структура белка 95  
 Переваривание белков 29, 31, 32, 33, 34  
 Переваривание крахмала 32, 33  
 Переваривание листьев проса 402  
 Перевариваемая энергия (ПЭ) 214-215  
 Переваримость – методы определения 45  
 Переваримость истинная 53  
 Переваримость кажущаяся 53  
 Перекись водорода 41, 140, 430, 510  
 Переработка зерна 486  
 Переработка сырого зерна 487, 488  
 Переходный период 298  
 Пивная дробина 506  
 Пилорическая зона желудка 26, 27  
 Пиридоксальфосфат 150, 151  
 Пиридоксин 124  
 Пиримидин 128  
 Пировиноградная кислота (пируват) 153, 155, 158, 160, 161, 165, 170, 174  
 Пируватдегидрогеназа 160, 161  
 Пируваткарбоксилаза 160, 161  
 Питательная ценность зерна злаков 471  
 Пищеварение:  
     в желудке 26-28  
     в многокамерном желудке 29, 30  
     в толстом отделе 37  
     в тонком кишечнике 31  
 Пищеварительные ферменты 33, 34  
 Пищеварительный тракт – строение 26-37  
 Пищеварительный тракт – строение у птиц 41-43  
 Пищевое поведение 200, 254  
 Плодовые оболочки 455  
 Плохо приготовленный силос 443-444  
 Побочные продукты 506  
 Повышение питательности соломы 428-430  
 Поджелудочный сок 32  
 Подсолнечный шрот-жмых 494, 498  
 Полевые потери сена 419  
 Поли-А-хвост 184, 206  
 Полисахариды 59, 68-73  
 Полисомы 189  
 Половая зрелость 312  
 Полнакомпонентное кормление 290-292  
 Полостное пищеварение 34  
 Поросята раннего отъема 340  
 Пастернак посевной 405  
 Потери питательных веществ при силосовании 439-440  
 Потребление корма взрослой птицей 380  
 Премиксы витаминные 129  
 Премиксы микроэлементные 115  
 Принципы балансирования рационов по незаменимым аминокислотам 244, 250  
 Проблемы пастыбы 415  
 Провяливание силосной массы 441  
 Производство и использование зерна в животноводстве 471  
 Производство сои 493-494  
 Проламины 461, 462  
 Пролин 98, 99, 101, 106  
 Промежуточный обмен веществ 130, 131  
 Пропионовая кислота (пропионат):  
     образование в рубце 30  
     в глюкогенезе 175, 176  
     энергетическая ценность 210  
 Прорастание и созревание зерна 470  
 Простые белки 91  
 Протамины 93  
 Протеиновый зеленый концентрат ПЗК 402  
 Профилактика микотоксикозов 536  
 Процессы дыхания и протеолиза при силосовании 434, 435  
 Прямая калориметрия 225  
 Пурин 178  
 Пшеница:  
     мировое производство 454  
     строение зерновки 454  
     крахмал 455  
     белковые фракции 456-463  
     распределение белка и аминокислот в частях зерна 465, 466  
     содержание некрахмалистых полисахаридов 23  
     в рационе лактирующей крови 291-295  
     доступность аминокислот 247  
     ферментируемость в рубце 308  
     сено из пшеницы 422  
     содержание незаменимых аминокислот 457  
     аминокислотный состав белковых фракций 459-463  
     питательная ценность 471, 472, 474, 484  
     поражение спорыньей 535  
     поражение фузариозом 529  
 Пшеничная солома 425-427

## Р

- Размол на молотковых дробилках 487  
 Размол плющением 486  
 Райграсс многолетний 403, 414, 422, 441  
 Рапс многолетний 405  
 Рапсовый шрот 496, 497  
 Распадаемый в рубце белок (РРБ) 263  
 Распределение белков в марфологических частях зерновки 465  
 Растительные ферменты 419  
 Расход зеленой массы на 1т сенажа 451  
 Рационы:  
     для бройлеров 588  
     для кур несушек 587

- для лактирующих коров 295, 296, 555, 556  
 для раннего отъема поросят 342  
 для свиней 579-585  
 для сухостойных коров 554, 557  
 для бройлеров 588  
 Режим питания в переходный период 305-310  
 Реконституция сырого зерна 487  
 Ремонтные телки 312, 323  
 Реннин 27  
 Респираторная камера 226, 228  
 Рибоза 178, 185  
 Рибосомы – субъединицы 186  
 Рибофлавин 123, 124, 144, 362  
 Рибулезо-1,5-дифосфат карбоксилаза оксигеназа РИФКО 400-402  
 Рисовая солома 425-427  
 рН рубца 301-302  
 рН силоса 432, 593  
 РНК 178  
 РНК-аза 34, 206  
 Родильный парез 304  
 Рожь 457, 458, 459, 511, 535  
 Ротационная система пастбищ 412  
 рРНК 186  
 Рубец 28, 29  
 Рыбная мука 505
- С**
- Сахараза 57, 66  
 Сахароза 58, 66  
 Свиноматки 342-347  
 Свиноматки лактирующие 347-349
- Селен 113, 355, 356  
 Семена бобовых 501  
 Сенаж 448  
 Сено 418  
 Секретин 40  
 Силос из низколизиновой кукурузы 405, 448  
 Силос 432-441  
 Силос обработанный добавками 445-447  
 Силосохранилища 433-434  
 Симптомы дефицита и избытка витаминов 117-151, 358-353  
 Симптомы дефицита и избытка макро и микро-элементов 107-114, 350-357  
 Синильная кислота 520  
 Синтетические аминокислоты 102, 244, 253  
 Серин 98, 99, 101, 106, 138  
 Система пастьбы 412  
 Склеренхима 407  
 Склеропротеины 458  
 Слизистая желудка 27-29  
 Слизистая тонкой кишки 31-32  
 Сложные белки 91  
 Сода 309
- Содержание аминокислот в белках различных частей зерна 466  
 Содержание метионина в листовых белках 405  
 Содержание минеральных веществ в злаковых травах 406  
 Содержание нуклеиновых кислот в кормах 403  
 Соевый жмых, шрот 493-496  
 Солома 425-429  
 Солома бобовых 426  
 Соматолиберин 194-196  
 Соматостатин 194-196  
 Сорго 457, 458, 459, 460, 463, 469  
 Состав кормов для крупного рогатого скота 540  
 Сосудистые пучки 407  
 Сочные корма 392, 591, 593, 594  
 Спиртовая барда 506, 507  
 Спирулина 403  
 Спорынья 535  
 Стадия созревания и качество силоса 443-444  
 Стандарты на корма (ОСТы и ГОСТы) 592-598  
 Стебли трав 409  
 Стероиды 85  
 Стероиды 85  
 Структура рационов для бройлеров 485, 486  
 Суберин 84, 85  
 Суданская трава 414  
 Сукцинил-КоА-синтаза 166  
 Сумма переваримых питательных веществ (СППВ) 47  
 Сухая пивная дробина 506  
 Сухие клетки крови 341, 504  
 Сухое вещество 8, 15, 280, 290  
 Сухое обезжиренное молоко 319, 340, 503, 504  
 Сфингомиелин 83, 84  
 Схема выпойки 321  
 Свекловичный жом 506  
 Сычуг 28
- Т**
- Танины 516, 518  
 Телята 314:  
     потребность в сыром белке 316  
     потребность в энергии 315  
 Термальный эквивалент 228-203  
 Терминация трансляции 189  
 Терпены 89  
 Тетрагидрофолиевая кислота 151  
 Технология заготовки сена 423  
 Технология приготовления сенажа 450  
 Тиамин 121, 361  
 Тимин 178  
 Тимофеевка луговая 403  
 Тимпания рубца 415  
 Тиролиберин 200, 201  
 Тирозин 98, 99, 101, 106, 138  
 Ткани листьев и их переваримость 407  
 Токоферол 360

Тонкий кишечник 32  
Травы на зеленый корм 410  
Травяная мука 423-424  
Транскрипция 180-181  
Трансляция 187-189  
Трансферазы 131  
Треонин 98, 99, 100, 103, 256-259  
Трехмерная схема растительной клетки 395  
Трипсин 31-33  
Триптамин 143  
Триптофан 98, 99, 100, 103, 207, 208, 255  
Тритикале 482-484  
Тритичная структура белка 96  
тРНК 185  
Трихоцетены 531

## У

Убихинон 143, 163  
Углеводы 58  
Углеводы классификация 58  
Углеводы неструктурные (НСУ) 19, 20  
Углерод:  
    органические вещества 9  
    измерение теплопродукции по углероду 232  
Укрытие сенажных траншей 451  
Укрытие силосных траншей пленкой 434  
Уксусная кислота (ацетат) 30, 213, 301, 302  
Упитанность коров и нетелей BCS 305, 307  
Урацил 178  
Уридинтрифосфат – УТФ 154  
Устилаготоксикоз 533, 534

## Ф

2-фосфоглицерат 158  
3-фосфоглицерат 158  
6-фосфоглюконо-8-лактон 164  
6-фосфоглюконовая кислота 164  
Fe<sup>2+</sup> - кофактор ферментов 140-141  
Fe<sup>3+</sup> - кофактор ферментов 140-141  
Fusarium crookwellense 438  
Fusarium culmorum 438  
Фавизм 523  
ФАД и ФМН зависимые дегидрогеназы 144  
Фазы вегетации при уборке 413, 421, 443  
Факториальный метод 3, 241, 280, 330:  
    определение потребности в энергии у коров 281-282  
    в сыром белке 284-286  
    в усвояемых Са и Р 287-288  
    в обменном белке 266-268  
    в усвояемых аминокислотах 272-275  
    в сухом веществе 280  
    в энергии 281-282  
    в сыром белке 284-286  
Фекалии 38-39  
Феритин 143

Ферментативные потери в рубце 215, 216, 222  
Ферментация силоса 436-438  
Ферменты (энзимы):  
    классификация 130-133  
    механизм действия 140-141  
    свойства 137  
    слоны 33  
Фибриллярные белки 92  
Фитиновая кислота 108, 350, 521  
Фитаза 108, 385, 512  
Флавинадениндинуклеотид 144, 145, 161-162  
Флакирование зерна 488, 489  
Фолиевая кислота 122, 364  
Фосфаты нуклеозидов 179  
Фосфокреатин 156, 157  
Фосфолипиды 82  
Фосфопротеины 91  
Фосфор 107, 287-288, 350  
Фосфорилирование окислительное 155, 159, 162, 163  
Фосфоэнолпируват 155  
Фракции белка А,В,С 263, 543  
Фракции тканей листьев 407  
Фракции азота, переваримость НРБ, содержание аминокислот в кормах (NRC 2001) 543  
Фруктаны 59, 70  
Фруктоза 60, 61  
Фруктоза-6-фосфат 158  
Фруктозо-1,6-бифосфат 158  
Фумаровая кислота (фумарат) 1612  
Фумонизин 531

## Х

Холин 122, 362  
Химические изменения и потери в процессе сушки сена 419-422  
Химотрипсин 33  
Хлор 108, 352  
Хлорелла 403  
Хлоропласты 395, 399, 402  
Хлорофилл 399, 402  
Холестерол 85, 86  
Холецистокинин 40  
Холодные методы переработки 486  
Холофермент 144  
Хондроитин 72  
Хорошо приготовленный силос 441, 442  
Хранение сена 422  
Хром 112, 352  
Хряки 349, 350, 358

## Ц

Zn<sup>2+</sup> - кофактор ферментов 140-141  
Целлобиоза 67  
Целлюлоза 12, 17, 20-22, 70, 395-398  
Цельные соевые бобы 501  
Цианогенные гликозиды 520

- Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса) 153, 161  
 Цинк 113, 114, 356, 357  
 Цис-аконитовая кислота 161  
 Цистеин 92, 98, 99, 105  
 Цистин 96, 98, 105  
 Цитозин 178  
 Цитохромы 145, 163  
 Цитрулин 168, 169, 170  
 Цыплята: 373  
     аминокислотный состав тела цыпленка 375  
     идеальный белок 374  
     нормы питания для яйценосных кроссов 375  
     температура в помещении 376  
     рекомендуемый вес в период выращивания 376  
     окись цинка 356  
     живая масса бройлеров 382  
     нормы питания бройлеров 383  
     рацион для цыплят 386
- Ч**
- Четвертичная структура белка 97  
 Чечевица 501, 517  
 Чистая энергия – ЧЭ 217-218  
 Чистый белок 12, 13
- Ш**
- Шелуха от обмолота зерна злаковых и бобовых 392, 425-427
- Щ**
- Щавелевоуксусная кислота (оксалоцетат) 153, 160, 161, 173, 175  
 Щелочная обработка соломы 428-430
- Э**
- Экстракция органическими растворителями 15  
 Экструдирование 489, 490  
 Экструдирование соевых бобов 430  
 Эластаза 34  
 Элластин 92, 522  
 Элонгация 188, 189  
 Эндогенный белок у коров 268, 269, 284, 285
- Эндосперм зерна 454, 456, 465, 466, 468, 469  
 Энергетическая кормовая единица (ЭКЕ) 211  
 Энергетическая ценность зерна злаков 471  
 Энергетическая ценность силоса 447-448  
 Энергия кала (Экл) 212, 214  
 Энергия метана (Эмт) 212, 213  
 Энергия мочи (Эм) 212, 215, 216  
 Энергия поддержания (Эпд) 212, 218-221  
 Энергия приращения тепла (Эпт) 212, 221-223  
 Энергия продукции (Эпр) 212, 217-218  
 Энергия теплопродукции (Этп) 212, 222, 225-228  
 Эндоплазматическая сеть 394, 401  
 Энтеробактерии 437  
 Эпидермис 394, 407, 408  
 Эффективность автоклавированной сои в рационе поросят 496  
 Эффективность тритикале в кормлении животных 482-484
- Я**
- Ядро 85, 149, 171, 394, 401  
 Яйцо 9, 236, 373  
 Яичная продуктивность 528, 529  
 Янтарная кислота (сукцинат) 131, 162  
 Ячмень 483-485, 490, 506, 526:  
     зоотехнический анализ 11, 18  
     содержание некрахмалистых полисахаридов 23  
     содержание макроэлементов 109  
     валовая энергия 214  
     доступность аминокислот 247  
     лимитирующие аминокислоты 251-253  
     в рационе лактирующей коровы 291-295  
     ферментируемость в рубце 308  
     в классификации кормов 392  
     сено из ячменя 422  
     мировое производство 454  
     содержание незаменимых аминокислот 457  
     белковые фракции 458  
     аминокислотный состав белковых фракций 459-463  
     питательная ценность 474  
     высоколизиновый ячмень 480, 481

## Содержание

<b>РАЗДЕЛ I СОСТАВ И ПЕРЕВАРИВАНИЕ КОРМОВ .....</b>	<b>8</b>
<b>ГЛАВА 1. МЕТОДЫ АНАЛИЗА КОРМОВ .....</b>	<b>11</b>
1.1. ЗООТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОРМОВ.....	11
1.2. МОДИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА КОРМОВ .....	16
1.3. НЕКРАХМАЛЬНЫЕ ПОЛИСАХАРИДЫ (НКП).....	20
<b>ГЛАВА 2. ПИЩЕВАРИЕНИЕ.....</b>	<b>26</b>
2.1. ПИЩЕВАРИЕНИЕ В ЖЕЛУДКЕ.....	26
2.2. ПИЩЕВАРИЕНИЕ В ТОНКОМ КИШЕЧНИКЕ .....	31
2.3. ВСАСЫВАНИЕ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА В ТОНКОЙ КИШКЕ.....	34
2.4. ПИЩЕВАРИЕНИЕ В ТОЛСТОМ ОТДЕЛЕ КИШЕЧНИКА.....	37
2.5. ГОРМОНЫ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА .....	40
2.6. СТРОЕНИЕ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА И ПИЩЕВАРИЕНИЕ У ПТИЦ.....	41
<b>ГЛАВА 3. ПЕРЕВАРИМОСТЬ КОРМОВ .....</b>	<b>45</b>
3.1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕВАРИМОСТИ .....	45
3.2. ПЕРЕВАРИМОСТЬ У ЖВАЧНЫХ .....	49
3.3. ИСТИННАЯ И КАЖУЩАЯСЯ ПЕРЕВАРИМОСТЬ .....	52
3.3.1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТИННОЙ И КАЖУЩЕЙСЯ ПЕРЕВАРИМОСТИ БЕЛКА.....	53
3.4. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПЕРЕВАРИМОСТЬ .....	54
<b>РАЗДЕЛ II. СТРУКТУРА, БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ .....</b>	<b>58</b>
<b>ГЛАВА 4. УГЛЕВОДЫ.....</b>	<b>58</b>
4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕВОДОВ .....	58
4.2. МОНОСАХАРИДЫ .....	59
4.3. ОЛИГОСАХАРИДЫ .....	66
4.4. ПОЛИСАХАРИДЫ .....	68
<b>ГЛАВА 5. ЖИРЫ (ЛИПИДЫ).....</b>	<b>74</b>
5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛИПИДОВ .....	74
5.2. СТРУКТУРНЫЕ И ЗАПАСНЫЕ ЛИПИДЫ.....	74
5.3. СТРУКТУРА И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИПИДОВ .....	75
5.4. ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ .....	79
5.4.1. НЕЗАМЕНИМЫЕ ЖИРНЫЕ КИСЛОТЫ.....	80
5.5. СЛОЖНЫЕ ЛИПИДЫ.....	82
5.6. СТЕРОИДЫ.....	85
<b>ГЛАВА 6. БЕЛКИ .....</b>	<b>91</b>
6.1. КЛАССИФИКАЦИЯ БЕЛКОВ.....	91
6.2. АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВ.....	98

6.3. НЕЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ.....	98
6.4. ЗАМЕНИМЫЕ АМИНОКИСЛОТЫ .....	101
6.5. L- и D-АМИНОКИСЛОТЫ .....	102
<b>ГЛАВА 7. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА .....</b>	<b>107</b>
7.1. МАКРОЭЛЕМЕНТЫ.....	107
7.2. КАТИОННО-АНИОННЫЙ БАЛАНС (КАБ) .....	111
7.3. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ.....	112
7.4. БИОДОСТУПНОСТЬ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ.....	114
<b>ГЛАВА 8. ВИТАМИНЫ .....</b>	<b>117</b>
8.1. ЖИРОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ .....	117
8.2. ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ВИТАМИНЫ.....	121
8.3. ВИТАМИННЫЕ ПРЕМИКСЫ .....	127
<b>ГЛАВА 9. ФЕРМЕНТЫ (ЭНЗИМЫ).....</b>	<b>130</b>
9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭНЗИМОВ.....	131
9.2. СВОЙСТВА ФЕРМЕНТОВ КАК БИОКАТАЛИЗАТОРОВ .....	134
9.3. МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ ФЕРМЕНТОВ .....	137
9.4. КОФАКТОРЫ ФЕРМЕНТОВ.....	140
9.5. КЛАССИФИКАЦИЯ КОФЕРМЕНТОВ .....	141
<b>РАЗДЕЛ III. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ .....</b>	<b>151</b>
<b>ГЛАВА 10. ОБМЕН ЭНЕРГИИ .....</b>	<b>154</b>
10.1. ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ И ЕЕ ПЕРЕНОСЧИКИ.....	154
10.2. ГЛЮКОЗА КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ. ГЛИКОЛИЗ.....	157
10.3. ГЛИКОГЕН КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ.....	164
10.4. ЖИР КАК ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ .....	165
10.5. АМИНОКИСЛОТЫ КАК ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ .....	167
10.6. ОБРАЗОВАНИЕ МОЧЕВИНЫ И МОЧЕВОЙ КИСЛОТЫ.....	168
10.7. ГЛЮКОНЕОГЕНЕЗ .....	173
<b>ГЛАВА 11. БИОСИНТЕЗ БЕЛКА.....</b>	<b>178</b>
11.1. НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ. ДНК, РНК.....	178
11.2. ГЕНЫ И ИХ СТРУКТУРА.....	180
11.3. ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ.....	182
11.4. СТРОЕНИЕ РНК .....	184
11.5. ТРАНСЛЯЦИЯ.....	187
<b>ГЛАВА 12. ГОРМОНАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ .....</b>	<b>191</b>
12.1. РЕГУЛЯЦИЯ ПОТОКОВ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ .....	191
12.2. ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ .....	193
12.3. РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА И ОТЛОЖЕНИЯ ЖИРА .....	194
12.4. РЕГУЛЯЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА.....	198

12.5. РЕГУЛЯЦИЯ СКОРОСТИ ОБМЕНА И ПОТРЕБЛЕНИЯ КОРМА.....	200
<b>ГЛАВА 13. ОБМЕН БЕЛКА И ЕГО РЕГУЛЯЦИЯ.....</b>	<b>203</b>
13.1. ОБНОВЛЕНИЕ БЕЛКА.....	205
13.2. БАЛАНС АМИНОКИСЛОТ – ФАКТОР СТАБИЛЬНОСТИ МРНК.....	206
13.3. АМИНОКИСЛОТЫ КАК СИГНАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ.....	208
<b>РАЗДЕЛ IV. ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ.....</b>	<b>210</b>
<b>ГЛАВА 14. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ КОРМОВ .....</b>	<b>210</b>
14.1. ЕДИНИЦЫ ЭНЕРГИИ.....	210
14.2. ВИДЫ ЭНЕРГИИ (ВАЛОВАЯ, ПЕРЕВАРИМАЯ, ОБМЕННАЯ, ЧИСТАЯ).....	211
14.3. ЭНЕРГИЯ ПОДДЕРЖАНИЯ (ЭПД) И МЕТОДЫ ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	218
14.4. ЭНЕРГИЯ ПРИРАЩЕНИЯ ТЕПЛА (ЭПТ).....	221
<b>ГЛАВА 15. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОДУКЦИИ И БАЛАНСА ЭНЕРГИИ .....</b>	<b>225</b>
15.1. ПРЯМАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ.....	225
15.2. НЕПРЯМАЯ КАЛОРИМЕТРИЯ.....	228
15.3. ИЗМЕРЕНИЕ БАЛАНСА ЭНЕРГИИ ПО БАЛАНСУ УГЛЕРОДА И АЗОТА.....	232
15.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛАНСА ЭНЕРГИИ МЕТОДОМ УБОЯ .....	233
<b>ГЛАВА 16. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ БЕЛКА .....</b>	<b>236</b>
16.1. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ БЕЛКА .....	236
16.2. АМИНОКИСЛОТНОЕ ПИТАНИЕ ЖИВОТНЫХ.....	239
16.3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ МОНОГАСТРИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В АМИНОКИСЛОТАХ.....	240
16.4. ЧТО НУЖНО УЧИТЫВАТЬ ПРИ НОРМИРОВАНИИ РАЦИОНОВ ПО АМИНОКИСЛОТАМ?.....	242
16.5. ПРИНЦИПЫ БАЛАНСИРОВАНИЯ РАЦИОНОВ ПО НЕЗАМЕНИМЫМ АМИНОКИСЛОТАМ .....	244
16.6. ДОСТУПНОСТЬ (УСВОЯЕМОСТЬ) АМИНОКИСЛОТ.....	245
16.7. РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКА .....	249
16.8. ИМБАЛАНС АМИНОКИСЛОТ, АППЕТИТ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЛКА.....	254
16.9. КОНЦЕПЦИЯ ИДЕАЛЬНОГО БЕЛКА .....	259
<b>ГЛАВА 17. КАЧЕСТВО БЕЛКА ДЛЯ ЖВАЧНЫХ .....</b>	<b>262</b>
17.1. ПЕРЕВАРИМОСТЬ БЕЛКА.....	262
17.2. ДЕГРАДАЦИЯ БЕЛКА В РУБЦЕ .....	263
17.3. ОБРАЗОВАНИЕ И ПЕРЕВАРИМОСТЬ МИКРОБНОГО БЕЛКА .....	264
17.4. ОБМЕННЫЙ БЕЛОК (ОБ).....	267
17.5. ПОТРЕБНОСТЬ В ОБМЕННОМ БЕЛКЕ .....	268
17.6. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КОРОВ УСВОЯЕМЫМИ АМИНОКИСЛОТАМИ .....	272
<b>РАЗДЕЛ V. НОРМЫ ПИТАНИЯ И РАЦИОНЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ.....</b>	<b>277</b>

<b>ГЛАВА 18. НОРМЫ И РАЦИОНЫ ДЛЯ МОЛОЧНОГО СКОТА.....</b>	<b>280</b>
18.1. ФАКТОРИАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВАХ .....	280
18.1.1. ПОТРЕБНОСТЬ В СУХОМ ВЕЩЕСТВЕ .....	280
18.2. ПОТРЕБНОСТЬ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ В ЭНЕРГИИ .....	281
18.3. ПОТРЕБНОСТЬ В ОЭ НА СТЕЛЬНОСТЬ (РОСТ ПЛОДА) .....	284
18.4. ПОТРЕБНОСТЬ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ В СЫРОМ БЕЛКЕ (СБ).....	284
18.5. ПОТРЕБНОСТЬ КОРОВ В УСВОЯЕМЫХ КАЛЬЦИИ И ФОСФОРЕ .....	287
18.6. НОРМЫ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ .....	289
18.7. МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ РАЦИОНОВ ПО СУХОМУ ВЕЩЕСТВУ.....	290
18.8. ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ РАЦИОНОВ ДЛЯ ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ .....	291
<b>ГЛАВА 19. ПИТАНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ В ПРЕД- И ПОСЛЕОТЕЛЬНЫЙ (ПЕРЕХОДНЫЙ) ПЕРИОД .....</b>	<b>298</b>
19.1. ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД.....	298
19.2. МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ.....	299
19.3. НОРМЫ И РЕЖИМ ПИТАНИЯ В ПЕРЕХОДНЫЙ ПЕРИОД.....	305
<b>ГЛАВА 20. ВЫРАЩИВАНИЕ КОРОВ (ОТ ТЕЛЕНКА К КОРОВЕ) .....</b>	<b>312</b>
20.1. ВОЗРАСТ ОПЛОДОТВОРЕНИЯ РЕМОНТНЫХ ТЕЛОК.....	312
20.2. НОРМЫ ПИТАНИЯ И РАЦИОНЫ ДЛЯ ТЕЛЯТ .....	313
20.2.1. ПОТРЕБНОСТЬ ТЕЛЯТ В ЭНЕРГИИ.....	314
20.2.2. ПОТРЕБНОСТЬ ТЕЛЯТ В СЫРОМ БЕЛКЕ .....	315
20.3. ЗАМЕНИТЕЛИ МОЛОКА, СТАРТЕРЫ.....	319
20.4. НОРМЫ ПИТАНИЯ И РАЦИОНЫ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ ТЕЛОК .....	322
20.4.1. ПОТРЕБНОСТЬ В ЭНЕРГИИ .....	323
20.4.2. ПОТРЕБНОСТЬ В БЕЛКЕ.....	325
20.5. НОРМЫ ПОТРЕБНОСТИ ДЛЯ РЕМОНТНЫХ ТЕЛОК.....	326
<b>ГЛАВА 21. НОРМЫ ПИТАНИЯ И РАЦИОНЫ ДЛЯ СВИНЕЙ .....</b>	<b>330</b>
21.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМ ПОТРЕБНОСТИ ФАКТОРИАЛЬНЫМ МЕТОДОМ .....	330
21.2. ПОТРЕБНОСТЬ В ЭНЕРГИИ РАСТУЩИХ СВИНЕЙ.....	330
21.3. ПОТРЕБНОСТЬ В БЕЛКЕ И УСВОЯЕМЫХ (ПЕРЕВАРИМЫХ) АМИНОКИСЛОТАХ .....	334
21.4. ОТНОШЕНИЕ ЛИЗИН: ЭНЕРГИЯ .....	339
21.5. РАННИЙ ОТЪЕМ ПОРОСЯТ .....	340
21.6. СВИНОМАТКИ.....	342
21.7. ДВУХФАЗНОЕ НОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНОВ СУПОРΟΣНЫХ СВИНОМАТОК .....	344
21.8. ПОТРЕБНОСТЬ В ЭНЕРГИИ И НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТАХ ЛАКТИРУЮЩИХ МАТОК .....	347
21.9. НОРМЫ ПОТРЕБНОСТИ ХРЯКОВ В ЭНЕРГИИ И НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТАХ .....	349
21.10. ПОТРЕБНОСТЬ СВИНЕЙ В МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВАХ.....	350
21.11. ПОТРЕБНОСТЬ СВИНЕЙ В ВИТАМИНАХ .....	358
21.12. ВОДА В РАЦИОНАХ СВИНЕЙ .....	366

<b>ГЛАВА 22. НОРМЫ ПИТАНИЯ И РАЦИОНЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ .....</b>	<b>372</b>
22.1. ЭНЕРГИЯ.....	372
22.2. БЕЛОК И АМИНОКИСЛОТЫ .....	372
22.3. НОРМЫ ПИТАНИЯ И РАЦИОНЫ ДЛЯ МОЛОДНЯКА И ВЗРОСЛЫХ КУР ЯИЧНЫХ КРОССОВ.....	375
22.3.1. ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДНЯКА .....	375
22.3.2. ПИТАНИЕ И КОРМЛЕНИЕ ВЗРОСЛОЙ ПТИЦЫ .....	377
22.4. НОРМЫ ПИТАНИЯ И РАЦИОНЫ ДЛЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ.....	382
22.5. КОМПОНЕНТЫ И ФИЗИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА РАЦИОНОВ .....	385
22.6. МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ.....	389
<b>РАЗДЕЛ VI КОРМА .....</b>	<b>392</b>
<b>ГЛАВА 23. ОБЪЕМИСТЫЕ КОРМА .....</b>	<b>394</b>
23.1. ТРАВА НА ЗЕЛЕНЬ КОРМ.....	394
23.2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ .....	395
23.3. КОМПОНЕНТЫ СТЕНКИ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ .....	396
23.4. БЕЛОК.....	399
23.4.1. БЕЛКИ ЦИТОПЛАЗМЫ И ОРГАНОИДОВ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ.....	399
23.5. АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ТРАВ .....	403
23.6. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА .....	406
23.7. ТКАНИ ЛИСТЬЕВ И ИХ ПЕРЕВАРИМОСТЬ .....	407
<b>ГЛАВА 24. ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОРМОВ ИЗ ТРАВ.....</b>	<b>410</b>
24.1. ЗЕЛЕНАЯ РЕЗКА .....	410
24.2. ПАСТБИЩЕ .....	411
24.3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПИТАТЕЛЬНУЮ ЦЕННОСТЬ ТРАВЫ .....	413
24.4. БОТАНИЧЕСКИЕ ВИДЫ КОРМОВЫХ ТРАВ .....	414
24.5. ПРОБЛЕМЫ ПАСТЬБЫ И ПАСТБИЩ.....	415
<b>ГЛАВА 25. СЕНО И СОЛОМА .....</b>	<b>418</b>
25.1. ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ПОТЕРИ В ПРОЦЕССЕ ЗАГОТОВКИ СЕНА.....	419
25.1.1. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА СЕНА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ .....	422
25.2. СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ПРИ ЗАГОТОВКЕ И ХРАНЕНИИ СЕНА .....	423
25.3. ИСКУССТВЕННО ВЫСУШЕННОЕ СЕНО.....	423
25.4. СОЛОМА И ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ .....	425
25.5. ПОВЫШЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНОСТИ СОЛОМЫ ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ.....	428
<b>ГЛАВА 26. СИЛОС.....</b>	<b>432</b>
26.1. РОЛЬ РАСТИТЕЛЬНЫХ ФЕРМЕНТОВ ПРИ СИЛОСОВАНИИ.....	434
26.2. ВИДЫ МИКРООРГАНИЗМОВ И ИХ РОЛЬ В СИЛОСОВАНИИ.....	435
26.3. ПОТЕРИ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СИЛОСОВАНИИ .....	439
26.4. КЛАССИФИКАЦИЯ СИЛОСОВ .....	440
26.5. ДЕЙСТВИЕ СТАДИИ СОЗРЕВАНИЯ НА КАЧЕСТВО КУКУРУЗНОГО СИЛОСА .....	443

26.6. ЗАКВАСКИ И КОНСЕРВАНТЫ ДЛЯ СИЛОСОВАНИЯ .....	445
26.7. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ СИЛОСА.....	447
26.8. СЕНАЖ.....	448
26.9. ОШИБКИ ПРИ ЗАГОТОВКЕ СЕНАЖА .....	452
<b>ГЛАВА 27. ЗЕРНОВЫЕ КОРМА .....</b>	<b>454</b>
27.1. СОСТАВ ЗЕРНА.....	454
27.2. ЗЕРНОВЫЕ БЕЛКИ .....	456
27.3. БЕЛКОВЫЕ ФРАКЦИИ.....	456
27.3.1. АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ БЕЛКОВЫХ ФРАКЦИЙ .....	459
27.4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЛКОВ В МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЧАСТЯХ ЗЕРНОВКИ .....	464
27.5. БЕЛКОВЫЕ ТЕЛА .....	467
27.6. ВЛИЯНИЕ СОРТА, УДОБРЕНИЙ И УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА КАЧЕСТВО И КОЛИЧЕСТВО БЕЛКА В ЗЕРНЕ.....	469
27.7. ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕРНА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ .....	471
27.8. ПИТАТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ЗЕРНА ЗЛАКОВ .....	471
27.8.1. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗНЫХ ВИДОВ ЗЕРНА В КОРМЛЕНИИ СВИНЕЙ.....	472
27.9. ОБЫЧНЫЕ И ВЫСОКОЛИЗИНОВЫЕ СОРТА И ГИБРИДЫ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР .....	473
27.10. ПЕРЕРАБОТКА ЗЕРНА .....	486
<b>ГЛАВА 28. БЕЛКОВЫЕ КОРМА.....</b>	<b>492</b>
28.1. БЕЛКОВЫЕ КОРМА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ .....	492
28.1.1. РАСТИТЕЛЬНЫЕ БЕЛКОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ .....	493
28.2. СЕМЕНА БОБОВЫХ.....	501
28.3. БЕЛКОВЫЕ КОРМА ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ .....	503
28.4. ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ КРАХМАЛО-ПАТОЧНОГО, СПИРТОВОГО, САХАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	506
<b>ГЛАВА 29. НЕКОРМОВЫЕ ДОБАВКИ .....</b>	<b>509</b>
29.1. АНТИБИОТИКИ .....	509
29.2. ПРОБИОТИКИ.....	510
29.3. ПРЕБИОТИКИ .....	511
29.4. ДРОЖЖИ.....	512
29.5. ПРОЧИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА .....	513
<b>ГЛАВА 30. АНТИПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА РАСТЕНИЙ.....</b>	<b>516</b>
30.1. ТРИПСИНОВЫЕ ИНГИБИТОРЫ.....	516
30.2. ДРУГИЕ АНТИПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА .....	518
<b>ГЛАВА 31. МИКОТОКСИНЫ .....</b>	<b>526</b>
31.1. ДЕЙСТВИЕ МИКОТОКСИНОВ НА ЖИВОТНЫХ.....	526
31.2. ОТРАВЛЕНИЯ ГОЛОВНЕВЫМИ ГРИБКАМИ .....	533
31.3. ОТРАВЛЕНИЕ СПОРЫНЬЕЙ (CLAVICEPS PURPUREA TULASNE) .....	535
31.4. ПРОФИЛАКТИКА МИКОТОСИКОЗОВ ЖИВОТНЫХ.....	536
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>539</b>

Приложение 1. Состав кормов для крупного рогатого скота, овец, лошадей и кроликов, в 1 кг СВ.....	540
Приложение 2. Фракции азота, переваримость НРБ, содержание аминокислот(NRC – 2001) .....	543
Приложение 3. Минеральный состав кормов для крупного рогатого скота.....	547
Приложение 4. Минеральные источники макро- и микроэлементов для крупного рогатого скота (NRC – 2001) .....	549
Приложение 5. Рацион для нетелей голштинской породы в переходный период 21-0 дней до отела, ж.м (вместе с плодом) 600 кг. ....	554
Приложение 6. Рацион для коров и нетелей (переходный период) 21-0 дней до отела, ж.м (вместе с плодом) 625 кг. <b>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.</b>	
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% ....	554
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% .....	556
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% .....	556
Приложение 10. Рацион для коров в 1-й период сухостоя, 225-265 дн. стельности (60-20 дней до отела), ж. м. 580-600 кг, ВС3=3 .....	557
Приложение 11. Рацион для телят в возрасте 3-6 месяцев, ж.м. 96-177 кг, с.с. прирост 900 г.....	558
Приложение 12. Рацион для ремонтных телок в возрасте 6-12 месяцев, ж. м. 177-330 кг, с. с. прирост 850 г. ....	558
Приложение 13. Рацион для ремонтных телок в возрасте 12 месяцев, ж. м. 350 кг, с. с. прирост 850 г.....	559
Приложение 14. Рацион для ремонтных телок в возрасте 12-16 месяцев, ж. м. 330-426 кг, с. с. прирост 800 г.....	560
Приложение 15. Рацион для нетелей в возрасте 16 месяцев, ж.м. 430 кг, с. с. прирост 0,85кг. ....	560
Приложение 16. Схема выращивания телят 0-3 мес. возраста .....	561
Приложение 17. Состав премикса для телят 0-6 мес. возраста и ремонтных телок.....	561
Приложение 18. Состав кормов для свиней и птиц (87-90% сухого вещества)* .....	562
Приложение 19. Содержание минеральных веществ в кормах для свиней и птиц .....	569
Приложение 20. Содержание витаминов и линолевой кислоты в кормах .....	575
Приложение 21. Комбикорм для поросят 13-25 кг жм .....	579
Приложение 22. Комбикорм для растущих свиней 25-48 кг жм.....	580
Приложение 23. Комбикорм для откорма свиней 48-74 кг жм.....	581
Приложение 24. Комбикорм для откорма свиней 74-100 кг жм.....	582
Приложение 25. Комбикорм для откорма свиней 100-120 кг жм.....	583
Приложение 26. Комбикорм для свинок в 1-ю половину супоросности 0-74 дней, жм 133 кг .....	584

Приложение 27. Комбикорма для свинок в 2-ю половину супоросности 75-115 дней, жм 160 кг.....	585
Приложение 28. Комбикорм для лактирующих маток, жм 150 кг, живых поросят 10, средний привес поросят 250 г.....	586
Приложение 29. Состав комбикормов для кур несушек (в % по массе) .....	587
Приложение 30. Состав комбикормов для молодняка яичной птицы, % .....	588
Приложение 31. Комбикорм полнорационный для цыплят бройлеров, кросса "Росс-308".....	588
Приложение 32. Состав 10%-ного БВМД для растущих свиней (2-4 мес.).....	589
Приложение 33. Состав 5%-ного БВМД для откорма свиней (4-6 мес.) .....	590
Приложение 34. Требования ГОСТ 27978-88 к качеству зелёных кормов (извлечение) .....	591
Приложение 35. Требования ОСТ 10243-2000 к качеству сена (извлечение) ....	592
Приложение 36. Требования ОСТ 10242-2000 к качеству искусственно высушенных травяных кормов (извлечение).....	592
Приложение 37. Требования ОСТ 10202-97 к качеству силоса (извлечение) .....	593
Приложение 38. Требования ОСТ 10201-97 к качеству сенажа (извлечение) .....	594
Приложение 39. Требования ГОСТов к качеству зерна (извлечение) .....	594
Приложение 40. Требования к качеству жмыхов и шротов.....	595
Приложение 41. Требования ГОСТ 17536-82 к муке кормовой животного происхождения (извлечение) .....	596
Приложение 42. Оптимальные нормы скармливания синтетических азотсодержащих кормовых добавок.....	597
<b>АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....</b>	<b>598</b>

**Рядчиков Виктор Георгиевич**

Учебник

**Основы питания и кормления  
сельскохозяйственных животных**

Подписано в печать 16.08.2013 г.  
Бумага офсетная. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Тираж 200 экз. заказ № 707.  
Усл. печ. л. – 48,6; учет.-изд.л. – 35,8.

Типография Кубанского государственного аграрного университета  
350044 г.Краснодар, ул. Калинина 13