

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»

Л. И. Лисунова, В. С. Токарев

**КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ.
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОРМЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ**

Учебно-методическое пособие

для студентов по специальности 1-74 03 02 «Ветеринарная медицина»

Витебск
ВГАВМ
2022

УДК 636.084(075.8)

ББК 45.4я.73

Л63

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета ветеринарной медицины УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» от 18 февраля 2022 г. (протокол № 2)

Авторы:

доктор биологических наук, доцент *Л. И. Лисунова*;

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. С. Токарев*

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *В. Н. Подрез*;

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *И. В. Сучкова*

Лисунова, Л. И.

Л63 Кормление сельскохозяйственных животных. Научные основы кормления животных : учеб.-метод. пособие для студентов по специальности 1-74 03 02 «Ветеринарная медицина» / Л. И. Лисунова, В. С. Токарев. – Витебск : ВГАВМ, 2022. – 225 с.

Учебно-методическое пособие подготовлено в соответствии с учебной программой по дисциплине «Кормление сельскохозяйственных животных». В учебно-методическом пособии в полном объеме рассмотрены научные основы кормления сельскохозяйственных животных, а также проблемы полноценной протеиновой, углеводной, витаминной и минеральной питательности кормов, оказывающие влияние на течение алиментарных заболеваний, вызванных дисбалансом питательных веществ в организме животных.

На современном научном уровне подробно изложены методы изучения обмена веществ и энергии в организме животного, а также оценка энергетической и комплексной питательности кормов и рационов.

Предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности 1-74 03 02 «Ветеринарная медицина», а также для магистрантов и практического использования руководителями хозяйств и специалистами кормопроизводства и животноводства.

УДК 636.094 (075.8)

ББК 45.4я73

© УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2022

Электронное учебное пособие

Лисунова Людмила Ивановна,
Токарев Владимир Семенович

КОРМЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ КОРМЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Текстовое электронное издание
сетевого распространения

Ответственный за выпуск Л. И. Лисунова
Технический редактор О. В. Луговая
Компьютерный набор Л. И. Лисунова
Компьютерная верстка Е. В. Морозова
Корректоры Т. А. Никитенко, Е. В. Морозова

Для создания электронного издания использовалось
следующее программное обеспечение:
Microsoft Office Word 2007,
doPDF v 7.

Минимальные системные требования:
InternetExplorer 6 или более поздняя версия;
Firefox 30 или более поздняя версия;
Chrome 35 или более поздняя версия.
Скорость подключения не менее 1024 Кбит/с.

Дата размещения на сайте 27.05.2022 г.
Объем издания 3388 Кб
Режим доступа: <http://www.vsavm.by>

Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной медицины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/ 362 от 13.06.2014.
ЛП №: 02330/470 от 01.10.2014 г.
Ул. 1-я Доватора, 7/11, 210026, г. Витебск.
Тел.: (0212) 48-17-82.
E-mail: rio@vsavm.by

ПРЕДИСЛОВИЕ

В едином народно-хозяйственном комплексе Республики Беларусь сельское хозяйство и его важнейшая отрасль – животноводство занимают особое место, оказывая большое влияние как на развитие различных отраслей народного хозяйства, так и в целом на экономику страны. Сельское хозяйство является источником сырья, а также крупным потребителем средств производства. В полной мере эти положения относятся и к животноводству, от уровня развития которого во многом зависит удовлетворение первоочередных материальных потребностей общества.

Сельскому хозяйству предстоит решить крупные задачи по дальнейшему наращиванию производства продукции животноводства при одновременном и всемерном повышении качества ее продукции. В улучшении качества животноводческой продукции ведущая роль принадлежит проблеме полноценной протеиновой, углеводной, витаминной и минеральной питательности кормов и рационов, гарантирующих реальное обеспечение полноценного кормления всех видов сельскохозяйственных животных.

В учебном пособии достаточно полно освещена оценка энергетической и комплексной питательности кормов и рационов. Обобщен большой экспериментальный материал, опубликованный в отечественной и зарубежной литературе. В этом отношении следует заметить, что изданы справочные пособия «Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных» под редакцией А.П. Калашникова и др. (2003), учебники по кормлению сельскохозяйственных животных О. Кельнера (1933), И.С. Попова (1957), А.П. Дмитроченко, П.Д. Пшеничного (1975), С.Я. Зафрена (1977), Г.А. Богданова (1990), В.К. Менькина (2003), С.Н. Хохрина (2004), Н.Г. Макарецца (2007), В.Г. Рядчикова (2014), учебных пособий: «Кормовые нормы и состав кормов» авторы А.П. Шпаков и др. (2005), «Кормление сельскохозяйственных животных» авторы В.К. Пестис и др. (2009); «Кормовая база скотоводства» автор Н.Н. Зенькова, а также ряд монографий: «Молодняк крупного рогатого скота: кормление, диагностика, лечение и профилактика болезней», авторы Н.И. Гавриченко и др. (2019); «Полноценное кормление, коррекция нарушений обмена веществ и функций воспроизводства у высокопродуктивных коров», авторы Н.И. Гавриченко и др. (2019). Это во многом облегчило изложение в данном учебном пособии принципиальных положений по научным основам кормления сельскохозяйственных животных, что служит подготовке специалистов высокой квалификации, роль которых как организаторов производства на научной основе в современных условиях интенсивного животноводства неизмеримо возрастает.

Студент, будущий ветеринарный врач, должен овладеть знаниями по химическому составу, переваримости и усвоению животными питательных веществ кормов, оценке их энергетической питательности, организации

правильного кормления животных разных видов и половозрастных групп с учетом потребности в питательных и биологически активных веществах, полноценности кормов и сбалансированности рационов, а также знать, как влияют разные корма на организм животного, правила их скармливания, режим и технику кормления сельскохозяйственных и домашних животных.

Учебное пособие соответствует программе дисциплины «Кормление сельскохозяйственных животных» и составлено в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего образования первой категории по специальностям 1-74 03 02 – «Ветеринарная медицина» и 1-74 03 01 «Зоотехния».

1. ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ И НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОЛНОЦЕННОГО КОРМЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Корма – специально приготовленные физиологически приемлемые продукты, главным образом растительного и животного происхождения, употребляемые для кормления сельскохозяйственных животных, и содержащие в доступной форме необходимые животному питательные вещества. Питательные вещества необходимы организму как источник энергии для поддержания температуры тела и выполнения работы, как структурный материал для образования тканей и органов, для формирования плода и отложения в теле резервных веществ, как источник элементов, участвующих в регуляции обмена веществ в организме животного.

Питательность – свойство корма удовлетворять потребность животных в питательных веществах и энергии. Поскольку потребность в питательных веществах у животных разных видов, возраста и направления продуктивности различна, то питательность кормов не может быть для них одинаковой и постоянной. Для оценки питательности корма необходимо знать его химический состав и процессы превращения корма в продукты животноводства.

1.1. Элементарный и химический состав тела животных и растений

Среди условий внешней среды, влияющих на интенсивность и направленность обмена веществ в организме, главенствующая роль принадлежит питанию, т.е. снабжению организма веществами, обеспечивающими процессы ассимиляции – синтезу высокомолекулярных соединений.

Высшие животные – гетеротрофные организмы, которые не способны синтезировать органические вещества своего тела и продукцию из неорганических соединений. Их пищей служит органическое вещество, синтезированное автотрофами – растениями и другими организмами, способными к утилизации простых неорганических соединений. В связи с этим состав тела животных и потребляемого корма не имеет принципиальных различий по набору органических и минеральных соединений, но их количества колеблются в широких пределах.

Из 118 химических элементов, известных современной химии, почти все в том или ином количестве обнаружены в теле животных и растениях.

В составе растений и животных преобладает углерод, второе место по распространению принадлежит кислороду, третье место – водороду и затем – азоту. Кислорода больше в растениях – 42 % против 13 в животном организме; а углерода, водорода и азота больше в теле животного, соответственно 63,0; 9,4 и 5,0 % против 45,0; 6,5 и 1,5 % в растениях. Эти элементы называют органогенами, и они образуют главную массу

растительного и животного вещества – это почти 95 % от общей массы элементов в биологических объектах. Вместе с кальцием и фосфором эта масса будет составлять около 98,5 %. Остальные элементы содержатся в гораздо меньших количествах.

В состав сухого вещества тела животных входят в основном белок и жир, а у большинства растений сухое вещество представлено различными углеводами – клетчаткой, крахмалом, сахарами. В животном же организме содержание углеводов очень низкое.

Растениям, как и животным, присущи такие свойства живого, как рост (деление клеток), развитие, обмен веществ, движение, размножение, причем половые клетки животных и растений формируются путем деления и имеют набор хромосом.

Одно из основных различий в химическом составе заключается в том, что у животных стенки клеток состоят преимущественно из протеина, тогда как у растений – из целлюлозы и прочих углеводов. У растений запасы питательных веществ отлагаются большей частью в форме крахмала и углеводов, в то время как у животных почти все запасы питательных веществ отлагаются в форме жира.

Существенным различием в питании растений и животных является источник, из которого они получают энергию. Растения могут использовать солнечную энергию для создания органических соединений из неорганического вещества, получаемого ими из почвы и воздуха. Животные не могут получать непосредственно от солнца энергию, необходимую для поддержания их жизни. Они должны существовать за счет органических и энергетически богатых соединений, образованных растениями. Таким образом, растения являются солнечной силовой установкой, снабжающей животных необходимым для поддержания их жизни кормом.

1.2. Современная схема зоотехнического анализа кормов

Для оценки питательности кормов необходимо знать их химический состав и основные процессы, происходящие при превращении питательных веществ корма в продукты животноводства. При изучении химического состава кормов определяют содержание в них воды, золы, сырого жира, сырого протеина, сырой клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ), которые являются первичными показателями питательности кормов.

Химический состав кормов может значительно варьировать в зависимости от ряда факторов: вида растений, фазы вегетации, климатических условий, характера почв, вносимых удобрений и т.д. Поэтому зоотехнический анализ кормов играет большую роль при изучении кормления сельскохозяйственных животных.

Зоотехнический анализ – это комплексный метод исследования корма, результатом которого является заключение о его качестве.

Первым этапом химического анализа корма является высушивание образца корма – определение воды. В составе растений вода находится в четырех состояниях: поверхностно-активная, капиллярно-пористая, внутриклеточная и жесткосвязанная. Вода в первых трех состояниях считается свободной, она подвижна, в ней растворяются различные вещества. Жесткосвязанная вода входит в состав мицелл гидрофильных коллоидов – белка, крахмала и других веществ. Содержание воды определяют высушиванием навески вещества при +100...+105 °С до постоянной массы.

В зоотехническом анализе общее количество определяемых питательных веществ в корме выражается в 100 % и все составляющие вещества также выражаются в процентах.

При зооанализе определяются так называемые сырые вещества. Термин «сырой» означает, что в данной группе содержится не чистое вещество, но и другие соединения, определяемые совместно.

При сжигании (озолении) навески вещества в муфельной печи (при +550 °С) получается таким образом несгораемый остаток растительной и животной ткани – *сырая зола*, она может содержать все элементы (микромакроэлементы и их соли), кроме водорода, углерода и азота.

Сырой протеин определяется по методу Кьельдаля путем сжигания навески корма в концентрированной серной кислоте. Определенный таким методом азот умножается на 6,25 для перевода в сырой протеин. По этому методу определяются все азотсодержащие вещества корма – белки, амиды, аминокислоты, нитраты и нитриты, объединенные в группу «сырой протеин».

Сырой жир определяется путем растворения навески корма в органических растворителях (бензин, бензол). Жиры переходят в раствор, а количество удаленного из аппарата жира путем экстрагирования определяют по изменению массы навески. В группу «сырой жир» входят жиры, воска, смолы, фосфатиды и другие жироподобные вещества.

Сырая клетчатка – нерастворимый остаток в слабых растворах серной кислоты и гидроксида натрия. В состав этого комплекса входит целлюлоза, гемицеллюлозы, пектиновые вещества, пентозаны, инкрустирующие вещества (лигнин, кутин, суберин).

Из структурных углеводов в зоотехническом анализе определяется только сырая клетчатка, неструктурные углеводы – крахмал и сахара входят в безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ). Этот показатель расчетный. БЭВ вычисляется по формуле:

$$\text{БЭВ} = \text{ОВ} - (\text{СК} + \text{СЖ} + \text{СП}),$$

где БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества, %; ОВ – количество органических веществ в корме, %; СК, СЖ, СП – количество сырых клетчатки, жира, протеина, %.

При необходимости при зоотехническом анализе определяется каротин и другие показатели.

Кроме данных химического анализа при оценке корма дополнительно проводится органолептическая оценка, которая может учитываться или не учитываться при определении качества корма.

В связи с переходом к детализированным нормам кормления и применением новых методов оценки питательности кормов, в схеме должна быть предусмотрена более детальная расшифровка состава и питательности кормов в соответствии с контролируруемыми показателями питания животных. Прежде всего, это относится к оценке энергетической, протеиновой и углеводной питательности кормов.

В современной схеме анализа кормов предусмотрено определение обменной энергии (ОЭ), расщепляемого (РП) и нерасщепляемого протеина (НРП), содержание лигнина, целлюлозы и гемицеллюлоз или их суммы, (НДК) – нерастворимых в нейтральном детергенте клеточных оболочек, а также целлюлозы и лигнина (КДК) – нерастворимых в кислотном детергенте (рис. 1.1).

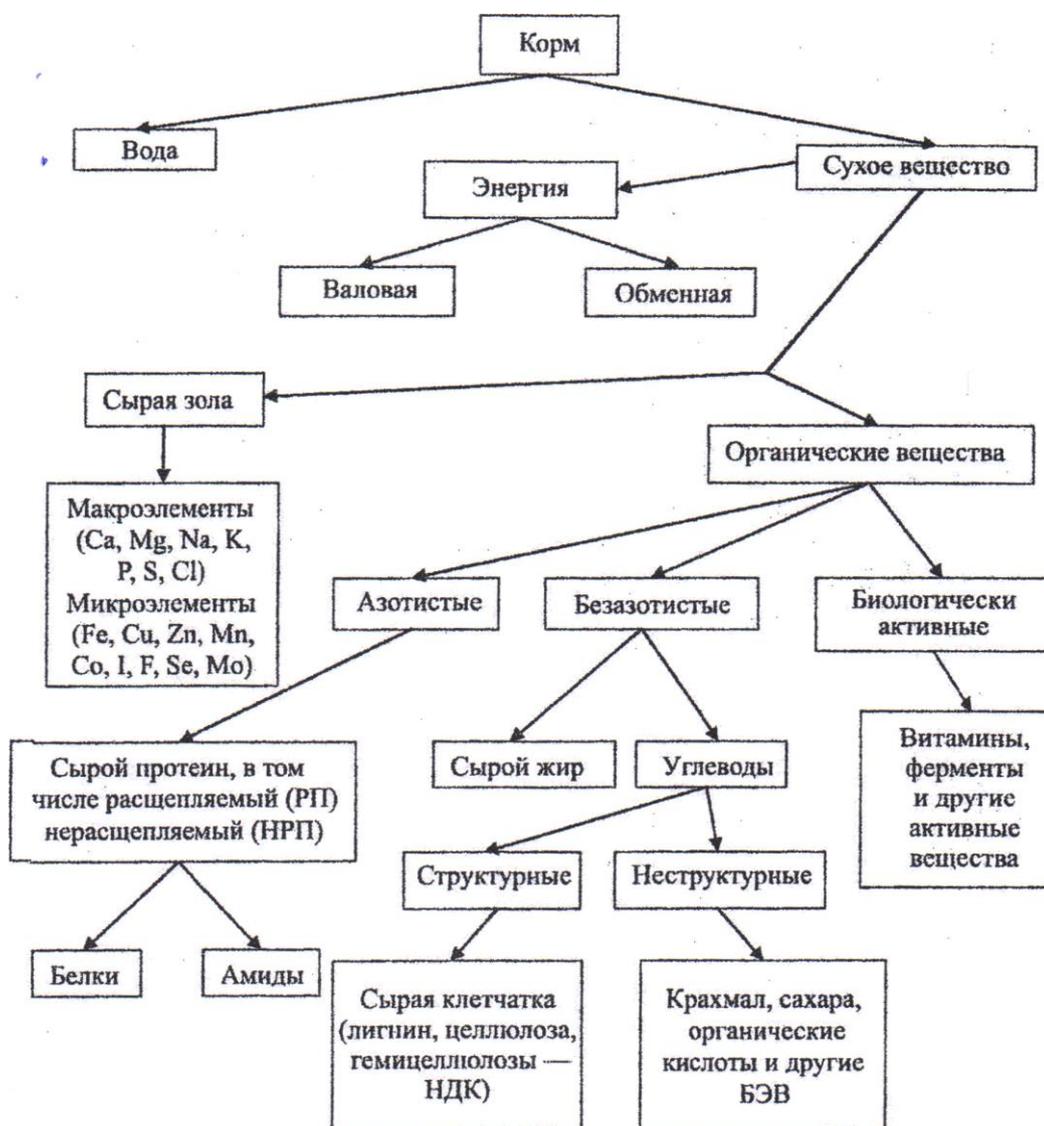


Рис. 1.1. Современная схема зоотехнического анализа кормов [14]

При анализе продуктов животного происхождения из схемы исключают определение сырой клетчатки, которая отсутствует в теле животных.

1.3. Физиологическое значение воды в кормлении и обмене веществ у животных

Вода – главная составная часть содержимого растительной и живой клетки, она служит средой, в которой протекают все обменные биохимические процессы.

В организме животного вода имеет первостепенное значение. Кровь и соединительные ткани содержат 82–83 % воды, а другие ткани – более 76–80 %. Она содержится в виде внутриклеточной воды (находящейся в клетках), внеклеточной, внутри сосудистого русла (плазма) и в тканях (тканевая жидкость), находится в свободном и связанном коллоидном состоянии с белками и углеводами.

В зрелом животном организме отношение объемов внутриклеточной воды и внеклеточной составляет 2:1. Внутриклеточная вода составляет 45 % от массы тела. Внеклеточная вода, входящая в состав плазмы крови, лимфы, жидкости – тканевой, спинномозговой и серозных полостей, составляет около 20 % (в т. ч. вода плазмы крови и лимфы – 4 %) от массы тела.

Вода является универсальным растворителем питательных веществ, служит транспортным средством при *переносе* питательных веществ кровью (в крови 90–92 % воды), ферментов – слюной (в слюне 99,5 % воды), желудочным и кишечным соком (97 % воды), участвует в поддержании осмотического давления, участвует в выведении из организма конечных продуктов обмена веществ (моча содержит более 95 % воды).

Вода не только инертная среда, она может также вступать в соединения с другими компонентами живой материи. Только в жидкой водной среде совершаются процессы пищеварения и усвоения пищи в желудочно-кишечном тракте и синтез живого вещества в клетках организма.

Содержание воды в организме в значительной степени зависит от вида, возраста, пола и типа тканей животных. Так, в организме собак общее содержание воды составляет 65 %, у лошадей – 55, крупного рогатого скота – около 60, морских свинок и кроликов – 72, рыб – 80 % от массы тела.

В организме молодого животного, особенно новорожденного, содержание воды значительно выше, чем у взрослого. Эмбрион на ранней стадии развития имеет 95–97 % воды, в теле новорожденного теленка ее – 72 %, полутораговалого – 61, взрослого быка – 52 %. В организме жирных животных воды содержится относительно меньше, чем у тощих, т. к. жировая ткань бедна водой. Организм истощенной овцы содержит 60 %, а жирной – 46 % воды. Между содержанием воды и жира в теле животных существует обратная зависимость – чем больше жира, тем меньше воды и наоборот. Чем моложе организм, тем интенсивнее протекают обменные процессы и тем выше потребность в воде.

От содержания воды зависят многие технологические свойства кормов: способность смешиваться, гранулироваться, брикетироваться, возможность транспортировки и хранения.

В организм животного вода поступает из трех источников: питьевая вода; вода, присутствующая в корме; метаболическая вода, образующаяся в результате реакций в обменных процессах в самом организме.

Количество потребляемой животными воды зависит от температуры окружающей среды, возраста и вида животного, физиологического состояния его организма, уровня протеина в пище и количества соли в рационе. На 1 кг сухого вещества корма свиньи используют 7–8 кг воды, крупный рогатый скот – 4–7, лошади, овцы и козы – 2–3, куры – 1–1,5 кг.

Потребность животных в воде возрастает при повышении температуры внешней среды. Крупный рогатый скот при температуре воздуха 4 °С на 1 кг сухого вещества потребляет 3 кг питьевой воды, при 26–27 °С – 5,2, а при 32°С – 7,3 кг; высокопродуктивные коровы в жару выпивают до 130–150 л воды за сутки.

Недостаток воды животное ощущает чрезвычайно остро. Так, потеря организмом воды в количестве 10 % сопровождается ослаблением сердечной деятельности, повышением температуры тела, снижением аппетита и секреции желудочного сока, возбуждением нервной системы, мышечной дрожью, сухостью и желтушностью слизистых оболочек.

При потере воды организмом в количестве 20 % и более наступает смерть. Следует указать, что жажда во много раз мучительнее голода и обуславливает быструю гибель животных.

Установлено, что при общем голодании, но при даче воды животное в состоянии прожить 30–40 суток, хотя при этом теряет 50 % жиров, углеводов, белков. Без воды животные погибают через 4–8 суток.

При дефиците воды в теле животного наступает расстройство многих физиологических функций организма: нарушается обмен веществ и нарастает количество молочной кислоты, снижаются окислительные процессы, увеличивается вязкость крови, повышается температура тела, учащается дыхание, нарушается секреция пищеварительных желез, исчезает аппетит и резко падает продуктивность. Водное голодание приводит к интоксикации организма, так как происходят существенные изменения в печени, почках, составе крови (увеличение ее плотности); регистрируется усиленный расход белков.

Избыток воды в жидкостях организма вызывает значительное разбавление электролитов. Это приводит к повреждению клеток и вследствие этого – к так называемому водному отравлению. Вода, потребленная в чрезмерном количестве, проникает в кровяные и другие клетки организма, вызывая их набухание. Кровяное давление повышается. Пища, чрезмерно разбавленная водой в кишечнике, плохо усваивается организмом. У взрослых животных при избытке воды не только не увеличиваются, но даже значительно снижаются удои.

Содержание воды в различных кормах колеблется от 5 до 95 %. Мало воды в искусственно высушенных кормах – жмыхе, сухом жоме, травяной муке – около 10 %, в зернах, семенах и мучнистых кормах – около 12–14; в сене, соломе – 15–20; в зеленых кормах – 70–80, силосе – 65–85, сенаже – 45–60, корнеклубнеплодах – 80–92; в барде, жоме, мезге – 90–95 %. Чем больше в корме воды и меньше сухого вещества, тем ниже его питательная ценность [14].

1.4. Физиологическое значение сухого вещества в кормлении и обмене веществ у животных

Одним из главных показателей в системе нормированного кормления является сухое вещество, используемое в качестве основного критерия величины рациона и определения концентрации элементов питания, влияющих на развитие физиологических процессов в ходе индивидуального развития животных.

Сухое вещество – часть корма или биологического объекта, не содержащая воду. В составе сухого вещества большинства растений основную долю составляют углеводы и сырой протеин, и в меньшей степени – сырой жир и минеральные вещества.

Установление в рационе оптимального уровня сухого вещества является одним из важнейших показателей нормирования питания, так как от этого зависит обеспеченность потребностей животного в энергии и питательных веществах.

Общее правило кормления состоит в том, чтобы потребность в сухом веществе у животных была как можно больше и направлена для повышения их продуктивности, поэтому основная задача при кормлении животных – минимизировать влияние факторов, сокращающих потребление сухого вещества.

Потребление сухого вещества животными зависит от емкости желудочно-кишечного тракта, живой массы, скорости прохождения пищевых масс через желудочно-кишечный тракт, качества кормов, их вкусовых и физических свойств, подготовки кормов перед скармливанием, уровня продуктивности животных, сбалансированности рационов по основным питательным, минеральным и биологически активным веществам, а также переваримости питательных веществ.

Избыток сухого вещества в рационе, а также отдельных его составляющих может значительно снизить поедаемость кормов, переваримость питательных веществ, питательную ценность рациона, что скажется на продуктивности животных. Например, питательность сухого вещества соломы труднодоступно для животных в силу значительного содержания в нем сырой клетчатки. Снижение уровня этого вещества в соломе при ее физической и химической обработке значительно повышает доступность питательных веществ сухого вещества.

Потребность коров в сухом веществе определяется их живой массой, величиной удоя и периодом лактации. Установлено, что возможность коров в потреблении сухого вещества ограничена 4,5 кг на 100 кг живой массы. Однако рацион коровы-рекордистки, которая имеет высший суточный удой 109,7 кг, содержал сухого вещества до 40 кг при живой массе 600 кг. Очевидно, что на уровень потребления сухого вещества рациона существенное влияние оказывает концентрация обменной энергии в нем, особенно это актуально в ранние сроки лактации в период максимальной продуктивности.

Показателем энергетической и протеиновой ценности кормов и рационов животных служит содержание обменной энергии и протеина в 1 кг натуральных кормов или в 1 кг сухого вещества.

Концентрацию обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона выгодно поддерживать на высоком уровне в целях снижения затрат кормов на производство молока. При низком уровне сухого вещества в рационе весьма трудно создать необходимую концентрацию энергии и питательных веществ.

Доказано, что рационы из высококачественных, хорошо подобранных объемистых кормов, с уровнем обменной энергией 10–11 МДж в 1 кг сухого вещества и содержанием сырого протеина 15–18 % в сухом веществе, даже без концентратов могут обеспечить суточный удой до 20–25 кг.

Чем выше фактическая или ожидаемая продуктивность, тем жестче должны быть требования по концентрации обменной энергии и сырого протеина в отдельных кормах и рационах в целом. Необходимо учитывать, что с повышением продуктивности коров должна возрасти концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества рационов с 8–8,5 МДж при низкой продуктивности до 11,0–12,5 МДж – у высокопродуктивных коров. С повышением концентрации обменной энергии рациона с 8,4 до 12 МДж (примерно в 1,5 раза) резко увеличивается не только удой (с 5 до 50 кг, т.е. в 10 раз), но и уровень необходимой минимальной концентрации сырого протеина – с 10 до 22 %.

Согласно регламенту Республики Беларусь в 1 кг сухого вещества рациона для дойных коров первой фазы лактации (21–100 дней) должно содержаться 11,4–11,9 МДж обменной энергии и 18 % сырого протеина, второй фазы – 101–200 дней, соответственно 10,8 и 18 и третьей фазы лактации (201–305 дней) – 10,0–10,5 МДж и 16 % сырого протеина.

1.5. Органическое вещество кормов как источник энергии и жизнедеятельности

1.5.1. Сырой протеин

Название «сырой протеин» указывает на то, что речь идет не о белке как определенном химическом веществе, а о совокупности веществ, среди которых белок является основным.

Поскольку содержание азота в протеине в различных веществах колеблется от 15 до 18,4 %, то для определения фактического содержания сырого протеина в отдельных кормах при определении химического анализа используются соответствующие расчетные коэффициенты: для пшеницы, ржи, овса, ячменя – 5,83; кукурузы – 6,25; жмыхах конопли, хлопчатника, подсолнечника, льна, сои – 5,3; бобовых – 6,25; молока – 6,38; мяса, яиц – 6,25.

Когда разные виды кормового сырья в качестве макро- и микрокомпонентов «соединяются» в готовом комбикорме или белково-витаминно-минеральном комплексе (БВМК), то для пересчета общего азота в протеин производители комбикормов используется коэффициент 6,25. При этом индивидуальные коэффициенты для каждого вида сырья не учитываются.

В сыром протеине значительную его часть (до 90–97 %) составляют белки. Белки находятся во всех органах, тканях, волосяном покрове животных, оперении птиц, копытного рога. В сухом веществе животного организма содержится 45% белков, а в отдельных органах и тканях – 85 %.

Белки, поступающие в составе сырого протеина с кормом, в организме выполняют многочисленные функции: структурную – входят в состав клеток и обеспечивают рост и развитие организма; каталитическую – ферменты повышают скорость химических реакций в организме; гормональную – ряд гормонов имеет белковую природу; защитную – в основе иммунитета организма лежат антитела, которые по своей химической природе являются белками; транспортную – гемоглобин эритроцитов осуществляет газообмен в легких и тканях; сократительную – сокращение и расслабление мышц (белки актин, миозин, актомиозин); энергетическую – при окислении 1 г белка выделяется 17,20–19,67 кДж обменной энергии.

Основная составная часть белка – аминокислоты. Растительные и животные белки содержат тот же набор аминокислот, однако в белках животного происхождения больше незаменимых аминокислот по сравнению с растительными кормами.

Белки растительных кормов находятся в виде коллоидного раствора в протоплазме и ядре клетки. На их долю приходится около 12 % от общей массы клетки. В твердом или кристаллическом виде они образуют резервные белки семян, зерен, корней и клубней.

Распределение белка в семени неодинаково: эндосперм содержит примерно 12 % белка от общего его количества, зародыш – 41 %, оболочка с алейроновым слоем – 28 %, целое зерно – 16 %.

Наибольшее количество протеина у растений наблюдается в фазу цветения. Количество протеина неодинаково и у разных органов, причем в листьях, соцветиях его в 1,5–4 раза больше, чем в стеблях. Значительные изменения наблюдаются по фазам вегетации: от ранних фаз к поздним количество протеина уменьшается в 1,5–3 раза.

Самое большое содержание сырого протеина содержится в кормах

животного происхождения – до 60 %, в жмыхах и шротах – 30–40 и более, в зерне злаковых культур – до 13 %, наименьшее содержание сырого протеина отмечается в соломе.

Амиды – небелковые азотистые соединения, входящие в состав протеина в виде свободных аминокислот, пуриновых и пиримидиновых оснований, нитратов и нитритов, комплексов, связанных с органическими веществами.

Эти вещества являются промежуточными продуктами, которые образуются в растениях при синтезе белка из неорганических веществ (аммиака и пр.) или являются продуктами распада белка под действием ферментов и бактерий. Сельскохозяйственные животные, особенно жвачные, используют азотистые вещества небелкового происхождения благодаря деятельности микрофлоры желудочно-кишечного тракта.

Количество небелкового азота в некоторых кормах довольно велико. В зеленых кормах и сене его может содержаться около 20 %, силосе – до 45 %, картофеле и кормовой свекле – 45 %, в зерне – 10–15 %. Особое значение в этой фракции имеет содержание нитратов.

Высокое содержание амидов в протеине характерно для молодых растений. В отдельных растениях и кормах в составе амидов встречаются ядовитые для животных вещества – глюкозиды. Такие растения не применяются для кормления или обезвреживаются перед скармливанием специальной обработкой.

Протеины кормов, при избыточном поступлении в организм, могут быть использованы в качестве источника энергии в обменных процессах или накопления резервного жира.

1.5.2. Сырой жир

К группе «сырой жир» относят различные по своей химической природе вещества: липиды, стерины и красящие вещества, обладающие одним общим свойством – они не растворимы в воде, но растворяются в органических растворителях (рис. 1.2).



Рис.1.2. Вещества, входящие в эфирный экстракт [14].

Важнейшие представители простых *липидов* – жиры и масла, которые по своей химической природе представляют собой триглицериды предельных и непредельных жирных кислот. Они являются непременным компонентом клеточных мембран и оболочек, регулирующих процессы проникновения в клетку и отдельные ее части необходимых питательных веществ и удаления из нее конечных продуктов обмена.

Их биологическая роль определяется энергетической ценностью – это наиболее концентрированный источник энергии. За счет окисления нейтральных жиров моногастричные животные покрывают 30–50 % потребности в энергии. При полном сгорании (окислении) 1 г жира образуется 38,9 кДж (9,3 ккал) энергии.

Жиры в организме играют роль основного запасного питательного вещества. Подкожный жир защищает животных от травм и переохлаждения. Служат источником эндогенной воды – при окислении 1 г жира образуется 1,7 г воды. Тесно взаимодействуют со многими ферментами, гормонами, витаминами, входя в их состав. Составляют основу нервной ткани и участвуют в передаче нервных импульсов.

В теле животного жир составляет от 3 до 50 % в зависимости от вида, возраста, степени упитанности и хозяйственного значения. Например, в теле новорожденного теленка его содержится 3 %, в возрасте 1 год – 12–15, в 2 года – до 20 %.

Его разделяют на протоплазматический (структурный) и резервный. Протоплазматический жир входит в клеточные структуры мозга, яичников, семенников, спермы. Резервный жир представляет жировую ткань. Он депонируется в подкожной клетчатке, сальниках, околопочечной и околосердечной капсулах.

В растительных кормах жир содержится в небольших количествах (2–3 %), исключение составляют лишь семена масличных культур и продукты их переработки. Много жиров в заменителе цельного молока (ЗЦМ), в мясной и мясокостной муке.

Семена и зерна растений содержат больше жира, чем стебли и листья, особенно бедны жиром корни и клубни (0,1 %). Из хлебных злаков богаче других жиром кукуруза и овес (6–5 %), в семенах пшеницы, ржи его от 1 до 2 %. Очень много жира в семенах масличных культур – лен, подсолнечник и рапс содержат его 30–40 %.

В растениях жиры – это компоненты клеточных мембран и оболочек. Больше жира содержится в семенах и зернах, чем в стеблях и листьях.

Воски – эфиры жирных кислот и высокомолекулярных одноатомных спиртов, которые в обычных условиях находятся в твердом состоянии. Они не имеют питательной ценности для животных, так как трудно гидролизуются.

Из *стеринов* в животных кормах, нервной ткани и желчи наиболее распространены зоостерин (холестерин) – до 0,2–0,5 %, в растительных

маслах – фитостерин (ситостерин). Фитостерины и микостерины в животных тканях не найдены, поэтому как энергетический компонент сырого жира они не представляют ценности.

Красящие и другие вещества – хлорофилл, каротиноиды, госсипол и их производные, которые переходят из семян при получении растительных масел. Кроме этого, в состав неомыляемой части жиров и масел входят жирорастворимые витамины А, D, Е и К в небольших количествах.

1.5.3. Сырая клетчатка

Основу сырой клетчатки составляет вещество клеточных стенок растений – целлюлоза, гемицеллюлоза (пентозаны и гексозаны) и инкрустирующие вещества (лигнин, кутин, суберин).

Питательная ценность сырой клетчатки зависит от содержания целлюлозы и степени лигнификации растений (изменение клеточной стенки растений при заполнении лигнином). В свою очередь, содержание и химический состав сырой клетчатки по мере вегетации растений сильно изменяются. У молодых, растущих растений в клеточной оболочке преобладает целлюлоза, а по мере старения клеточная стенка утолщается и накапливаются в большей мере лигнин и пентозаны.

При этом клетки различных частей растений лигнифицируются в разной степени. Наиболее быстро и глубоко протекают процессы лигнификации в клетках стеблей, в меньшей степени – в клетках листьев, еще меньше – в столовых и кормовых сортах корнеклубнеплодов.

Высокое содержание сырой клетчатки снижает общую питательность кормов.

Клетчатка имеет большое физиологическое значение для жвачных не только как источник энергии, но и как фактор, обеспечивающий нормальную моторику преджелудков, сохранение здоровья и поддержание на определенном уровне жирности молока. Ферменты бактерий расщепляют клетчатку до более простых форм: вначале до дисахарида целлюбиозы, а затем до моносахарида глюкозы. В организме животных глюкоза является основным и наиболее универсальным источником энергии для обеспечения метаболических процессов.

Клетчатка оказывает механическое воздействие на стенки рубца и кишечника, вызывая моторную функцию и перистальтику, удлиняет процесс жвачки у крупного рогатого скота, в результате которого выделяется большое количество слюны, которая идет на щелочную реакцию, что обеспечивает кислотность рубца на уровне рН, равном 6,5–7,0.

В соломе озимых зерновых злаков обнаруживают большое количество сырой клетчатки – 40–45 %, несколько меньше ее в соломе яровых злаков и сене – 20–35, в голозерных злаках – кукурузе, пшенице – около 1, а в пленчатых – овсе, ячмене – 10–12, в корнеклубнеплодах – не более 0,4–2 %. Большое содержание сырой клетчатки в корме затрудняет животному и

микроорганизмам рубца жвачных животных извлечение питательных веществ из протоплазмы растительной клетки.

Оптимальный уровень клетчатки в рационах зависит от продуктивности животных, их физиологического состояния, структуры кормления и других факторов. Для коров оптимальное количество сырой клетчатки в сухом веществе рациона должно быть 17–22 %, для высокопродуктивных коров это количество должно быть на уровне 16–18 %.

Снижение клетчатки ниже 16 % сопровождается нарушением процессов пищеварения, изменением соотношений летучих жирных кислот и уменьшением жира в молоке. Избыточное содержание клетчатки снижает переваримость и использование других питательных веществ.

1.5.4. Безазотистые экстрактивные вещества

В группу безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) входят все безазотистые вещества корма, кроме жира и сырой клетчатки. Главные составные части этой группы питательных веществ – крахмал, сахара и пентозаны.

Крахмал – резервный материал. Он в различном количестве содержится во всех природных кормах. Концентрация его в семенах кукурузы доходит до 65–75 %, пшеницы – до 60–70 %. Много крахмала в клубнях картофеля – до 55–60 % в сухом веществе. Мало в стеблях и листьях растений – около 2 %. Особая форма крахмала – инулин в больших количествах обнаруживается в клубнях топинамбура – земляной груши. Инулин хорошо усваивается животными.

Животный крахмал – гликоген. Его можно обнаружить в кормах животного происхождения. Гликоген содержится в небольшом количестве в различных кормовых дрожжах и в концентрированном корме.

Сахара в растительных кормах представлены моносахаридами (глюкоза и фруктоза) и дисахаридами (мальтоза и сахароза). Сахара накапливаются в больших количествах (до 22 %) в виде резервных веществ в корнеплодах сахарной свеклы, моркови и в растениях сорго. До 13 % сахаров содержится в сухом веществе молодых злаковых трав. Содержание сахаров в сене колеблется в пределах 4–8 %.

Единственный представитель сахаров животного происхождения – лактоза (молочный сахар).

Сахара и крахмал – главные поставщики энергии живого организма. Любое движение мышц невозможно без энергии. Большая ее часть поступает от переработки сахаров и крахмала.

Пентозаны – промежуточные продукты синтеза клетчатки в растениях, поэтому наибольшее их содержание, до 25–70 %, обнаруживается в БЭВ грубых древесных кормов, соломы и сена. В древесине лиственных пород пентозанов значительно больше (20–25 %), чем в древесине хвойных (9–11

%). В древесине пентозаны распределены неравномерно: в ветвях их больше, чем в стволе.

Различные сельскохозяйственные отходы содержат довольно значительное количество пентозан. Так, в кукурузной кочерыжке их содержится до 39,5 %, в подсолнечной лузге и хлопковой шелухе – 23–35 %.

Для моногастричных животных в качестве источника энергии и пластического материала интерес представляют в основном легкопереваримые углеводы – моно- и олигосахара (глюкоза, фруктоза, сахароза, лактоза, целлобиоза и др.), крахмал, инулин, гликоген. Эти вещества легко и быстро гидролизуются в пищеварительном тракте и являются доступными для животных.

Каждый грамм углеводов при окислении (расщеплении) дает 17,2 кДж энергии.

2. ПРОТЕИНОВАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ И ПРОБЛЕМА ПОЛНОЦЕННОГО ПРОТЕИНОВОГО ПИТАНИЯ

2.1. Физиологическое значение протеина в питании и обмене веществ у сельскохозяйственных животных

В системе комплексной оценки питательности кормов особая роль принадлежит протеину. Слово «протеин» происходит от греческого *protos* – первый. И действительно, это вещество занимает первостепенное значение в кормлении животных, так как его нельзя заменить другими.

В кормлении животных под сырым протеином понимают сочетание всех азотсодержащих соединений корма как органического, так и неорганического происхождения – белковые вещества (их 80–90 % в протеине), свободные аминокислоты и их амиды (5–10 %), основания (3–5 %), соли аммония и азотной кислоты (1–3 %). Все небелковые азотные соединения объединяются под общим названием «амиды». Так как белковые вещества занимают преобладающее место в сыром протеине, то характеристику протеина условно отождествляют с характеристикой белков. Иногда используют понятие кормовой белок как синоним сырого протеина.

Белок является единственным в мире веществом, которое, как таковое или в форме его составных частей, может совместно с водой, минеральными веществами и витаминами обеспечить питание всем клеткам животного организма.

Проблема полноценного белкового питания – одна из узловых в современной науке. «Белок является основой жизненных процессов, важнейшим субстратом той формы существования материи, которую мы называем жизнью», – отмечал академик А.И. Опарин (1924).

Среди различных элементов питания белкам принадлежит особенно важное место. Они не могут быть заменены никакими другими компонентами пищи. Их значимость обусловлена тремя основными

функциями: пластической (строительной), биологической (регуляторной) и энергетической.

Пластическая функция протеина заключается в том, что он является строительным материалом для синтеза белков организма, входящих в состав всех органов и тканей, являющихся составной частью продукции: молока, мяса, яиц, шерсти.

Биологическая, или регуляторная, функция состоит в том, что белки являются составной частью многих биологически активных веществ (БАВ): ферментов, определяющих скорость процессов синтеза и распада, происходящих на клеточном уровне; гормонов, участвующих в регуляции процессов жизнедеятельности. Белки входят в состав иммунных тел, определяющих защитные функции организма, в состав антибиотиков.

Белки в организме могут служить и источником энергии. Однако энергетическая функция протеина в животноводстве не должна быть основной, так как роль главных источников энергии для животных отводится углеводам и жирам.

Являясь составной частью протеина, белки выполняют транспортную функцию, перенося вещества через клеточную мембрану, а также участвуя в их транспорте кровью и другими жидкостями по организму. Например, гемоглобин переносит кислород и углекислый газ, транскортин – транспортные белки, которые встроены в мембраны клеток и участвуют в поступлении в клетку глюкозы, аминокислот.

Двигательная функция белка через актин и миозин обеспечивает сокращение мышечных клеток животных.

Белки участвуют в образовании цитоскелета, органоидов клетки, межклеточного вещества; обеспечивают прочность тканей и клеточных структур, выполняя структурную (строительную) функцию.

Передавая информацию через цитокины между клетками, тканями и органами, белки выполняют сигнальную функцию.

Выполняя защитную функцию, специфичные белки – антитела – предохраняют организм, уничтожая чужеродные частицы; особые белки участвуют в свертывании крови, останавливая кровотечения.

Ферритин удерживает железо; казеин, глютен и альбумин запасаются в организме – это характеризует белки как запасующий фактор.

Кроме того, белки регулируют функции нуклеиновых кислот при переносе генетической информации, выполняя генно-регуляторную функцию. Белки могут оказывать отравляющее и обезвреживающее действие. Например, палочка ботулизма выделяет токсин белкового происхождения, а белок альбумин связывает тяжелые металлы.

Белки являются наиболее сложными высокомолекулярными органическими соединениями. В их состав входит 50,6–54,5 % углерода, 21,5–23,5 % кислорода, 6,5–7,8 % водорода, 15–18,4 % азота, 0,3–2,5 % серы и другие элементы в небольших количествах.

Стабильность белкового состава организма – это следствие устойчивого динамического равновесия, при котором количество постоянно распадающихся белков практически равно синтезируемому их количеству.

Дефицит протеина в рационах животных ведет к тяжелым последствиям: снижается продуктивность, ухудшается качество продукции (например, в молоке уменьшается содержание белка и жира), замедляется рост молодняка, увеличивается продолжительность выращивания и откорма, повышаются затраты кормов на единицу продукции, при недостатке протеина на 1 % затраты энергии возрастают на 2 %, снижается переваримость и использование питательных веществ кормов. Недостаток протеина также отрицательно сказывается на воспроизводительных функциях животных, состоянии их здоровья и защитных силах организма, возникают различные заболевания, в том числе дистрофия.

Нежелателен и избыток протеина в рационах животных. Во-первых, перерасход протеина не оправдан экономически, во-вторых, это отрицательно сказывается на состоянии здоровья, функциях воспроизводства, долголетию и ведет к снижению усвоения витаминов А, С и группы В.

Большую опасность для животных представляет высокое содержание в кормах нитратов и нитритов, входящих в состав амидов. Хроническая интоксикация животных нитратами обусловлена кислородным голоданием жизненно важных органов и тканей и сопровождается понижением обмена веществ, воспроизводительной функции, снижением жизнеспособности молодняка, возникновением дистрофических явлений, нарушением обмена РНК и ДНК, понижением иммунологического состояния.

2.2. Понятие о протеиновой питательности кормов.

Заменяемые и незаменимые аминокислоты

Под протеиновой питательностью корма следует понимать его способность удовлетворять потребность животных во всех заменимых и незаменимых аминокислотах. Протеиновую питательность кормов определяют следующие понятия: сырой протеин, переваримый протеин, расщепляемый в рубце протеин, нерасщепляемый в рубце протеин, растворимый протеин, идеальный протеин.

Протеиновая питательность кормов оценивается количественными и качественными показателями, а также физическими свойствами – наличием фракций разной растворимости и относительными показателями, такими как протеиновое, сахаропротеиновое, амидо-белковое отношение. Определение данных показателей имеет особое значение в организации протеинового питания жвачных животных, а энерго-протеинового отношения – для моногастричных.

К количественным показателям относят содержание сырого и переваримого протеина в 1 кг натурального корма или в процентах, или

граммах в сухом веществе, или количество переваримого протеина в расчете на 1 энергетическую кормовую единицу (ЭКЕ).

Выделяют корма с высоким содержанием сырого протеина – более 16 % в сухом веществе, со средним – 13–16 и с низким – менее 13 %.

Наиболее высокими по содержанию протеина являются корма из бобовых и крестоцветных культур, отходы маслоэкстракционного производства (жмыхи, шроты), кормовые дрожжи, многие корма животного происхождения.

К кормам со средним содержанием протеина относятся в основном злаково-бобовые смеси, зерно пшеницы, тритикале и др.

Большинство злаковых культур в виде зеленой массы, силоса, зерна, соломы, а также корнеклубнеплоды отличаются низким содержанием протеина.

Животным протеин нужен, прежде всего, как источник аминокислот для построения собственных белков. Поэтому протеиновую питательность рассматривают и как свойство корма удовлетворять потребность животных в аминокислотах. В связи с этим качество протеина оценивается его аминокислотным составом.

В настоящее время науке известно более 150 аминокислот. Но только 20 из них являются составной частью белков, в состав которых они входят в разных количествах, сочетаниях, что и обуславливает разные их свойства.

Некоторые аминокислоты животные способны синтезировать из других азотистых соединений, поступающих с кормом. К ним относятся аланин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, глицин, пролин, серин, тирозин, цистин, цистеин и др.

Другие аминокислоты, получившие название незаменимых, не могут синтезироваться в организме, или скорость их синтеза недостаточна для полного обеспечения ими потребностей животного. К незаменимым относят 10 аминокислот: лизин, метионин, триптофан, аргинин, валин, гистидин, изолейцин, лейцин, треонин, фенилаланин.

Для цыплят незаменимой аминокислотой является и глицин.

Лизин, метионин и триптофан наиболее дефицитные в питании животных, поэтому их называют лимитирующими.

Цистин является серосодержащей аминокислотой, и она может заменить на 30–50 % незаменимую серосодержащую аминокислоту метионин, поэтому в рационах определяют суммарную потребность в этих аминокислотах (метионин+цистин).

Протеиновое отношение, являясь относительным показателем протеиновой питательности корма, актуально для всех сельскохозяйственных животных.

Протеиновым отношением называют отношение суммы переваримых питательных веществ к переваримому протеину.

Оно определяется по формуле:

$$ПО = \frac{пЖ \times 2,25 + пК + пБЭВ}{пП},$$

где ПО – протеиновое отношение; пЖ – переваримый жир; пК – переваримая клетчатка; пБЭВ – переваримые безазотистые экстрактивные вещества; пП – переваримый протеин.

В случае если протеиновое отношение менее 6, его называют узким, т.е. происходит нерациональное использование протеина кормов, от 6 до 8 – средним, более 8 – широким. Следует отметить, что при слишком широком протеиновом отношении ухудшается использование протеина и других питательных веществ.

Амидо-белковое отношение определяют делением количества амидов на содержание белков. В рационах животных оно должно быть в пределах от 1:2 до 1:3, т. е. на одну часть амидов должно приходиться 2–3 части белка.

Таким образом, питательная ценность протеина для жвачных определяется не только количеством сырого и переваримого протеина, но и наличием его растворимых и нерастворимых фракций, аминокислотным составом бактериального белка и нерасщепленного в рубце протеина.

В отличие от жвачных животных, моногастричные – свиньи и птица – лишены возможности синтеза биологически полноценного бактериального белка. Вместе с тем высокий уровень синтетических процессов у этих животных требует колоссального напряжения обмена веществ, в первую очередь белкового. По этой причине состав, переваримость и доступность аминокислот для свиней и птицы являются важными показателями протеиновой питательности.

В детализированных нормах кормления свиней учитывают потребность в сыром и переваримом протеине, а также в критических аминокислотах: лизине, метионине с цистином. В рационах птицы нормируют содержание сырого протеина и 13 аминокислот.

Наиболее эффективное использование протеина и аминокислот для образования продукции возможно только в том случае, когда рацион сбалансирован по содержанию энергии, органическим и минеральным веществам, витаминам.

При недостатке энергии протеин непроизводительно расходуется на энергетические цели, при избытке энергии происходит ожирение. Следовательно, протеин должен находиться в оптимальном соотношении с обменной энергией. С этой целью определяют энергопротеиновое отношение, которое понимается как количество обменной энергии, приходящееся на 1 % сырого протеина в единице корма. Например, в рационе хряков энергопротеиновое отношение должно составлять в среднем 88–92 кДж на 1 г переваримого протеина.

2.3. Аминокислотный состав протеинов растительных и животных кормов

Качественные показатели протеиновой питательности корма оценивают по аминокислотному составу.

Лизин, метионин, триптофан названы первыми неслучайно, т.к. они являются наиболее дефицитными в питании животных, поэтому их называют критическими или особо незаменимыми.

В таблице 2.1 в качестве примера для сравнения указано содержание критических аминокислот в кормах.

Таблица 2.1. Содержание критических аминокислот в некоторых кормах, г/кг
(Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. – М.-2003)

Показатель	Лизин	Метионин + цистин	Триптофан
Зерно: кукурузы	1,9	3,3	1,2
ячменя	4,1	3,6	1,2
гороха	14,2	5,1	1,9
Шрот: подсолнечный	12,2	7,9	5,5
соевый	27,7	11,9	3,9
Картофель сырой	1,0	0,5	0,2
Травяная мука клевера	8,7	4,8	1,6
Сено злаковое	2,4	1,5	0,7
Сено клеверное	6,8	2,9	0,9
Животные корма:			
молоко коровье цельное	2,8	1,2	0,5
рыбная мука	42,8	22,5	6,8
мясная мука	40,4	12,9	3,9
Дрожжи кормовые	30,9	12,3	5,1

Наиболее требовательны к качеству критических аминокислот моногастричные животные и сельскохозяйственная птица.

Протеины, в состав которых входят все аминокислоты и их соотношение обеспечивает потребности животного организма, называются полноценными, а протеины, не содержащие полного набора аминокислот, – неполноценными.

Современно протеиновое питание животных невозможно представить без рассмотрения роли отдельных аминокислот.

Лизин входит в состав сложных белков ядра – нуклеопротеидов, сперматозоидов, а также необходим для синтеза гемоглобина. При дефиците лизина в рационах резко снижаются приросты молодняка, молочная продуктивность лактирующих животных, нарушается функция воспроизводства, уменьшается усвояемость минеральных веществ, использование каротина и витамина А.

Данная аминокислота является первой лимитирующей аминокислотой в корме свиней и птиц. Особенно быстро реагируют на его дефицит в корме

поросята. У них развивается истощение, анемия, когда тормозится синтез гемоглобина, грубеет волосяной покров.

В белках кормов животного происхождения лизина значительно больше, чем в растительных.

Дефицит лизина возникает при использовании в кормлении преимущественно зерновых злаков, подсолнечного шрота, кукурузы при незначительном количестве в рационе (1–2 %) животных кормов.

Негативные последствия для организма вызывает не только недостаток, но и избыток аминокислот. Так, при избытке лизина (150–200 % от нормы) у животных наблюдается интоксикация и депрессия роста, резко возрастает потребность в аргинине.

Метионин – серосодержащая аминокислота, жизненно необходимая не только как структурный материал для синтеза белка, но и для синтеза гемоглобина, холина, эффективного использования и переваривания протеина. Метионин обладает липотропным действием, предохраняя животных от накопления жира в печени и ее жирового перерождения. Он важен для роста тела, волос, шерсти и перьев, предотвращает распад белков,ставляет метиловые группы для синтеза холина и креатина.

При недостатке метионина в рационе у животных ухудшаются аппетит, отмечается потеря лецитина, уменьшение мышц, выпадение волос, анемия, связанная с дефицитом белков. Чаще всего дефицит метионина отмечается в рационах птиц. Для устранения недостатка в аминокислоте рекомендуется использование кормовых или синтетических препаратов метионина.

При избытке метионина ухудшается использование азота корма, увеличивается его выделение с мочой, наблюдаются дегенеративные изменения в поджелудочной железе, почках, печени, при этом отмечаются нарушения обмена веществ и депрессия роста, повышается потребность в аргинине и глицине.

Триптофан играет важную роль в обмене веществ, поскольку из него синтезируется никотиновая кислота. В процессе обмена веществ триптофан преобразуется в серотонин, оказывающий сильное влияние на кровеносные сосуды, центральную нервную систему.

Дефицит триптофана в кормах ведет к снижению продуктивности, расстройству половой функции (например, атрофии семенников и яичников, некротической спермии), выпадению шерсти, анемии, поражению зубов.

Вреден не только недостаток триптофана, но и его избыток. Его проявлениями являются беспокойство и диспепсия.

При балансировании рационов по триптофану необходимо контролировать содержание в них никотиновой кислоты и пиридоксина.

Промышленность выпускает технический кристаллический триптофан, в котором триптофана содержится 70 %.

Аргинин в организме животных является катализатором синтеза мочевины, инсулина, участвует в образовании спермы, необходим для

поддержания кислотно-щелочного баланса. При недостатке аргинина в рационе у животных резко замедляется рост.

Гистидин участвует в энергетическом обмене организма, в синтезе гемоглобина и эритроцитов крови. Недостаток или избыток этой аминокислоты ухудшает условно-рефлекторную деятельность организма животных.

Лейцин защищает мышечные ткани и может являться источником энергии. Необходим для создания белка плазмы и белка тканей. Его наличие способствует восстановлению костей, кожи, мышечной ткани, снижает уровень холестерина. При его недостатке у животных отмечается задержка роста и падение веса, а также изменения в почках.

Избыток лейцина в организме животного провоцирует увеличение концентрации аммиака и количества свободных радикалов.

Изолейцин необходим для синтеза гемоглобина, для использования аминокислот, поступающих с пищей, участвует в обмене углеводов, способствует снижению уровня холестерина в крови. Дефицит этой аминокислоты приводит к возникновению симптомов, сходных с гипогликемией (например, снижение уровня глюкозы в крови).

Избыток изолейцина проявляется повышением концентрации аммиака и свободных радикалов, аллергическими реакциями, нарушением состава крови.

Фенилаланин является нейромедиатором для нервных клеток головного мозга. Необходим для синтеза тироксина (гормон щитовидной железы) и адреналина (гормон мозгового вещества), кроветворения и пигментообразования.

Недостаток этой аминокислоты приводит к нарушению функций щитовидной железы и надпочечников. Переизбыток фенилаланина сопровождается перевозбуждением нервной системы.

Треонин способствует поддержанию нормального белкового обмена в организме, помогая при этом работе печени, необходим организму для правильной работы иммунной системы. Дефицит треонина вызывает задержку роста, снижение массы тела.

Если уровень треонина в рационе превышен, в организме начинается аккумуляция мочевой кислоты. Ее чрезмерная концентрация ведет к дисфункциям почек, печени и повышенной кислотности желудка.

Валин необходим для метаболизма в мышцах, он активно участвует в процессах восстановления поврежденных тканей, поддерживает в нормальном состоянии деятельность нервной системы. При его недостатке снижается потребление корма, возникают расстройства координации движений, вращательные судороги с поворотом головы, повышенная степень чувствительности.

Избыток валина в организме нежелателен, так как он вызывает нарушения в работе периферической нервной системы, мышечную дистрофию, сухость слизистых оболочек глаз.

2.4. Понятие о биологической ценности протеина

Биологическая ценность протеина определяется его качеством или способностью быть использованным в организме животных для синтеза белков. т.е. содержанием и соотношением в нем отдельных аминокислот.

Питательная ценность протеина разных кормов неодинакова, поэтому предложено много биологических и химических методов определения количества протеина.

Понятие о биологической ценности протеина было впервые введено Томасом (1909) и позднее развито Митчеллом (1924). По Томасу-Митчеллу, биологическая ценность протеина (БЦ) – это процент всосавшегося азота, который может быть использован на поддержание жизни и роста. Он основан на знании баланса азота в организме животных, который определяют по формуле

$$\text{БЦ} = \frac{\text{Азот корма} - (\text{Пищевой азот кала} + \text{Пищевой азот мочи})}{\text{Азот корма} - \text{Пищевой азот кала}} \times 100$$

Этим методом была определена биологическая ценность протеина многих кормов.

Данные И.С. Попова (1957), полученные на свиньях, показывают, что биологическая ценность протеина молока равна 84-95, рыбной муки – 74, ячменя – 71, картофеля – 73.

Для характеристики питательной ценности протеина предложен коэффициент использования переваримого протеина, или коэффициент физиологически полезного протеина (КФПП), исчисляемый по формуле:

$$\text{КФПП} = \frac{\text{Азот}_{\text{баланс}} - \text{Азот}_{\text{поддерживающего корма}}}{\text{Азот}_{\text{переваримый}}} \times 100$$

В зоотехнической литературе широко описан метод Осборна-Менделя (1919 г.), основанный на определении коэффициента использования протеина. Согласно этому методу, прирост живой массы в граммах делят на потребленный протеин в граммах при сохранении стандартных условий кормления и содержания животных. Недостатком метода Осборна являются ошибочные положения о том, что прирост имеет постоянный состав, а потребленный протеин используется только для роста.

Один из методов определения качества протеина для моногастричных животных – определение коэффициента свободных аминокислот плазмы крови. Этот коэффициент рассчитывают делением содержания свободных аминокислот плазмы на относительную потребность в них животных.

Блок и Митчелл (1946) предложили определять питательную ценность протеина на основании сравнения его аминокислотного состава с аминокислотным составом белков яйца.

По методу «индекс незаменимых аминокислот» Озера и др. (1960) питательную ценность протеина определяют как отношение геометрического среднего значения незаменимых аминокислот в оцениваемом протеине к соответствующему значению незаменимых аминокислот белков яйца.

Для вычисления содержания доступных аминокислот с целью более объективной характеристики качества протеина используют метод, предложенный Б. Эггумом (1977) – как произведение аминокислотного состава протеина и истинной переваримости отдельных аминокислот, деленного на 100.

2.5. Принцип «дополняющего действия» протеинов различных кормов, применяемый при составлении полноценных кормовых смесей

Дополняющее действие протеина представляет собой замену части корма растительного происхождения с одним аминокислотным набором на корм растительного происхождения с другим аминокислотным составом или замену растительной части корма на корм животного происхождения. Например, зерно кукурузы замещается на зерно гороха или на рыбную муку.

Использование кормосмесей из культур с разным содержанием необходимых аминокислот дает возможность восполнить их дефицит в отдельных кормах и рационе кормления. Например, увеличить содержание лизина в рационе, содержащем зерно злаковых, можно за счет включения других кормов (например, зерно бобовых, животные корма) с высоким содержанием данной аминокислоты. В этом случае можно говорить об эффекте дополняющего действия, что позволяет с меньшими затратами кормов получать больше продукции.

Для балансирования кормосмесей по аминокислотному составу с целью экономии дорогостоящих животных кормов с успехом используют кормовые добавки и синтетические препараты аминокислот. Их включение в состав концентратных смесей должно проводиться с учетом аминокислотного состава кормов и потребности в них животного организма. Рацион должен быть также сбалансирован по всем основным элементам питания, особенно по энергии, макро- и микроэлементам, витаминам.

Для нормального протекания синтетических процессов в организме необходимо, чтобы все аминокислоты поступали одновременно. Дефицит, а также полное отсутствие одной или нескольких аминокислот ограничивает их биосинтез в организме и ведет к нарушениям обмена веществ. Неиспользованные аминокислоты в организме не накапливаются, а используются для других целей или дезаминируются.

2.6. Понятие об используемом сыром протеине кормов

Используемый сырой протеин (иСП), или усвоенный протеин (нХР, УП) – количество поступившего сырого протеина в кишечник, из которого

образуется собственно белок. Источником его являются микробный белок и непереваренный протеин, поступивший с кормом. Оценка корма и потребность в белке у молочных коров выражаются в используемом сыром протеине.

Используемый протеин рассчитывается по формуле:

$$\text{исП} = 11,93 - \left(6,82 \times \frac{\text{НСП}}{\text{СП}} \times \text{ОЭ} + 1,03 \times \text{НСП} \right),$$

где исП – используемый сырой протеин, г/кг сухого вещества; НСП – нерасщепляемый в рубце сырой протеин, г/кг сухого вещества; СП – сырой протеин, г/кг сухого вещества; ОЭ – обменная энергия, МДж/кг сухого вещества.

2.7. Растворимость протеинов и водосолерастворимые их фракции. Понятие о расщепляемом и нерасщепляемом протеине кормов

Известно, что биологическая ценность протеина корма зависит не только от состава аминокислот, но и от их доступности, усвояемости, растворимости и расщепляемости, а также от сопутствующих им веществ в рационе: углеводов, жиров, витаминов, макро- и микроэлементов, гормонов, ферментов, различных антипитательных веществ, в том числе ингибиторов пищеварительных ферментов.

Доступность аминокислот – это доля аминокислот, которая может быть использована организмом животных для построения своих органов и тканей.

Доступность аминокислот, и соответственно протеина, зависит от переваримости питательных веществ, содержания в кормах инактивирующих веществ (например, ингибиторов трипсина в бобовых кормах), технологии обработки в процессе заготовки кормов и приготовления их к скармливанию, условий хранения.

При переработке семян масличных культур, высушивании зеленой травы, рыбной и мясокостной муки применяют такой технологический прием, как нагревание сырья. В то же время наблюдается сильное самонагревание влажной зеленой массы при силосовании и сенажировании при плохой трамбовке и герметизации. В этих случаях переваримость протеина и доступность аминокислот кормов существенно снижаются. Это приводит к образованию неусвояемых, устойчивых к протеолитическим ферментам комплексных соединений аминокислот (особенно лизина) с сахарами, которые вызывают изменение цвета корма и его побурение. Кроме лизина в реакцию с углеводами вовлекаются метионин, аргинин, гистидин, тирозин и др.

Умеренная влаготепловая обработка, например, зерна бобовых, повышает усвояемость и доступность протеина и аминокислот.

Усвояемость аминокислот – это степень использования той или иной аминокислоты от общего их количества в кормовом рационе для

удовлетворения функциональных и пластических потребностей организма, выраженная в процентах. Усвояемость зависит от комплектности и скорости поступления аминокислот в места синтеза белковых молекул, сбалансированности рациона по протеину и аминокислотам, углеводам, минеральным веществам и витаминам.

Под *аминокислотной сбалансированностью* понимают соответствие аминокислотного состава рациона потребностям животного организма. Степень сбалансированности определяют в процентах от нормы потребности той или иной аминокислоты, не допуская недостатка и большого избытка, так как это может привести к дисбалансу аминокислот и даже токсикозу. К наиболее потенциально токсичным относятся триптофан, метионин, серин, пролин, аланин и лизин.

В соответствии с современными принципами оценки протеиновой питательности корма для жвачных животных значение имеет не только общее содержание протеина и аминокислот, но и растворимость и расщепляемость протеина. *Растворимость* – это физическое свойство протеина корма, которое характеризуется долей протеина, переходящей в растворимое состояние под действием рубцовой жидкости или буферных растворов, имитирующих ее (таблица 2.2).

Таблица 2.2. Содержание водосолерастворимых фракций протеина и лизина в зерне различных культур (Г.А. Богданов, 1990)

Культура	Сырой протеин, %	Водосолерастворимые фракции, %	Лизин, % к сырому протеину
Кукуруза	9-10	25-30	3,1-3,3
Пшеница	13-15	40-50	3,5-3,8
Ячмень	11-14	45-50	3,5-4,0
Овес	11-13	55-60	4,2-4,5
Люпин	26-37	70-80	3,5-5,8
Горох	18-24	80-85	6
Соя	32-45	80-90	7,5

Расщепляемость протеина – ферментативный процесс распада протеина в рубце жвачных животных до аминокислот и аммиака. Все корма по степени расщепляемости подразделяются на 3 группы – корма с высоко расщепляемым протеином (71–90 %), со средне расщепляемым (61–70 %) и корма с трудно (низко) расщепляемым протеином (30–60 %).

Степень и интенсивность гидролиза кормового протеина зависит от его расщепляемости в рубцовой жидкости. Чем выше расщепляемость протеина в рубце, тем большее количество аммиака образуется в единицу времени. Следовательно, увеличивается возможность потери аммиака при его всасывании в кровь и снижается тем самым микробиальный синтез белка. Поэтому при нормировании протеина надо учитывать соотношение легко и трудно расщепляемых фракций протеина в кормах.

В рационах лактирующих коров предусматривается следующая доля легко расщепляемого протеина: в период раздоя – 60–65 %, в середине лактации – 65–70, на исходе лактации – 70–75 %. Остальное количество должно быть представлено протеином, не расщепившимся в рубце – 35–40 %, 30–35 и 25–30 % соответственно.

Содержание в рационе 30–40 % труднорастворимых фракций протеина обеспечивает эффективное использование всего протеина и в целом рациона.

Легко растворимые в рубцовой жидкости белки арахисового и соевого шрота, казеина распадаются в рубце полнее и быстрее, чем медленно растворимые белки кукурузы, рыбной муки и пшеничной клейковины. Плохо растворимые белки могут перейти из рубца в нижележащие отделы желудка нерастворившимися.

Белок рыбной муки по сравнению с растительным белком отличается относительно низкой растворимостью, и его скармливание жвачным приводит к уменьшению концентрации аммиака в рубце.

Уменьшение растворимости белка может повысить его усвояемость жвачными животными.

Растворимость и расщепляемость протеина кормов определяют экспериментально в аппарате «искусственный рубец», но возможно и расчетным методом по уравнениям регрессии:

трава пастбищ	$y=54,0+0,39x$;	сено разное	$y=30,5+0,64x$;
силос разный	$y=42,5+0,59x$;	сенаж злаковый	$y=18,1+0,91x$;
концентраты	$y=32,6+0,99x$;	все виды кормов	$y=34,37+0,76x$,

где y – расщепляемость за 6 ч, %; x – растворимость в буферном растворе, %.

Несмотря на принципиальные различия между растворимостью и расщепляемостью протеина кормов, эти два понятия иногда отождествляют. Такое отождествление правомерно лишь в тех случаях, когда ферментации в рубце подвергается только быстрорастворимая фракция общего протеина корма. Примером протеина, у которого растворимость и расщепляемость могут быть очень близкими, служат синтетические азотсодержащие добавки и протеин силоса.

Вместе с тем установлено, что растворимая фракция может содержать протеины, устойчивые к ферментативному гидролизу. Например, нерастворимые фракции протеина рапсовой и мясной муки гидролизуются в 2–4 раза медленнее растворимых, а в соевой муке скорость ферментации обеих фракций одинаковая. Также установлено, что растворимая фракция протеина сена из люцерны с тимофеевкой, сухой барды и сухой пивной дробины содержат белки с высокой устойчивостью к ферментации.

Таким образом, в нерастворимом протеине кормов выделяют две фракции: протеин, предположительно полностью недоступный животному, и нерастворимый доступный протеин, который может частично избежать расщепления в рубце, но остается доступным для животного.

Нерастворимый доступный протеин ферментируется в рубце жвачных с различными скоростями в зависимости от структуры белковых молекул. Например, мука соевых бобов и сухая барда содержат почти по 75 % общего протеина в нерастворимой доступной форме. Однако протеины соевой муки распадаются в рубце на 60–70 %, а сухой барды – всего на 10 %. Подобные особенности протеина разных высокобелковых кормов должны учитываться при промышленном производстве протеиновых добавок.

Исходя из особенностей использования жвачными животными микробного белка (белковая масса, образующаяся после отмирания микроорганизмов в теле животного) и кормового протеина при составлении рационов кормления, необходимо учитывать расщепляемость белка кормового и небелковых азотистых веществ, которая примерно составляет соответственно 60 и 100 %.

2.8. Приемы «защиты» протеина в рубце жвачных животных

При усвоении протеина корма у жвачных животных ведущая роль принадлежит бактериям и инфузориям, населяющим рубец. С их помощью расщепляется более 40 % протеина. Белки корма расщепляются протеолитическими ферментами микробного происхождения до аминокислот, которые затем дезаминируются с образованием аммиака, углекислоты, летучих жирных кислот и метана. Образующийся аммиак служит материалом для синтеза белка микроорганизмами.

Таким образом, в рубце жвачных параллельно идут два процесса: расщепление кормового белка до аммиака и биосинтез микробного белка, пригодного для синтеза белка тела животного. Отмирающие бактерии, поступая в сычуг и тонкий кишечник, перевариваются наряду с нерасщепленным кормовым протеином. Однако некоторую часть аммиака бактерии не успевают усвоить, он всасывается в кровь и в печени превращается в мочевины, которая затем выделяется с мочой и частично со слюной. Но если аммиак поступает в кровь в больших количествах, нарушается функция печени, возникает отравление. К тому же, увеличение всасывания аммиака в кровь ведет к снижению использования азота корма.

Чтобы не допускать дисбаланс между распадом кормового белка и синтезом белка бактериального, а также предотвратить избыточное всасывание аммиака в кровь, необходимо создать оптимальные условия для жизнедеятельности микрофлоры. Основными из этих условий являются: соотношение между растворимым и нерастворимым протеином, обеспеченность легкоусвояемыми углеводами.

Желательно, чтобы рационы крупного рогатого скота содержали в сыром протеине 40–50 % водосолерастворимых фракций. Много таких фракций в кукурузном силосе, корнеплодах, меньше – в сене, сенаже, кукурузной дерти.

Обычно протеин с высокой растворимостью имеет и более высокую переваримость и наоборот. Недостаток растворимых фракций протеина в рационах жвачных ограничивает ферментацию, а избыток этих фракций, наоборот, ее усиливает, что приводит к потере азота с всосавшимся в кровь аммиаком, который микроорганизмы не успели использовать для синтеза белка своего тела. Поэтому высокая расщепляемость протеина в рубце нежелательна.

Таким образом, потребность жвачных в аминокислотах удовлетворяется за счет микробного белка и нерасщепляемого в рубце протеина. Чем выше продуктивность коров, тем меньше удовлетворяется их потребность в аминокислотах за счет микробиального белка. При удое до 15 кг в сутки за счет бактериального синтеза потребность коров в аминокислотах обеспечивается на 75–80 %, а у высокопродуктивных – с удоем 25–40 кг – только на 45–60 %. Недостающее количество аминокислот они должны получать с нерасщепленным в рубце протеином. Иногда этот протеин называют транзитным. Дефицит нерастворимого или нерасщепляемого протеина ведет к недостатку аминокислот, а значит, к снижению продуктивности.

Следовательно, если коровы с невысокой продуктивностью в основном обеспечивают свою потребность в незаменимых аминокислотах за счет микробиального белка, биологическая ценность которого почти в 2 раза выше растительного, то для высокопродуктивных животных важно, чтобы в нерастворимом протеине, который расщепляется в сычуге и кишечнике, содержалось необходимое количество незаменимых аминокислот.

Качество нерасщепленного протеина по аминокислотному составу должно быть достаточно высоким. Это достигается включением в рацион защищенных от распада в рубце высокобелковых кормовых средств: шротов, зернобобовых, гранул и брикетов из бобовых трав.

В целях «защиты» протеина от распада в рубце применяются как химические (обработка формальдегидом, танинами, уксусной, муравьиной и др. органическими кислотами), так и технологические (сушка, нагревание, гранулирование, брикетирование, экструдирование и др.) приемы. Следует отметить, что химические приемы, хотя и обеспечивают хорошую «защиту» протеина, не всегда являются в полной мере безопасными для здоровья животного и качества получаемой продукции. Поэтому при их использовании необходимо строго следить за регламентом технологических процессов и дозировкой реагентов.

Питательная ценность протеина для жвачных определяется не только количеством сырого и переваримого протеина, но и наличием растворимых и нерастворимых фракций, аминокислотным составом бактериального белка и нерасщепленного в рубце протеина.

2.9. Факторы, определяющие синтез микробного белка в преджелудках жвачных

Эффективность синтеза микробного белка зависит от ряда факторов, основными из которых следует считать обеспеченность этого процесса легко доступной энергией и азотом, а также расщепляемостью кормового протеина в рубце. Потребность микрофлоры в энергии удовлетворяется за счет органического вещества, переваренного в рубце, а в азоте – за счет протеина корма и добавок в рацион небелкового азота.

На расщепляемость кормового протеина в преджелудках и на интенсивность процессов синтеза микробного белка оказывает влияние количество и физические свойства кормового протеина, его химический состав и наличие в рационе достаточного количества легкодоступных источников энергии.

По мнению Т.А. Радченковой (1983), растворимость и расщепляемость протеина рациона являются факторами, определяющими эффективность использования протеина жвачными. От этих характеристик зависит поступление в кишечник протеина двух основных видов – микробного и кормового.

Периодическое поступление в рубец корма, оптимальная реакция среды и постоянная температура, непрерывное поступление слюны из ротовой полости и ионов из стенки преджелудка, перемешивание и продвижение пищевых масс, всасывание конечных продуктов обмена микроорганизмов в кровь и лимфу – все это создает благоприятные условия для жизнедеятельности, размножения и роста микрофауны рубца. Микроорганизмы способствуют усвоению клетчатки и простых небелковых азотистых веществ корма.

Скорость прохождения и задержка корма в рубце также способствует созданию постоянных благоприятных условий для рубцовых процессов и сбраживания трудноперевариваемых компонентов рациона.

С помощью различных технологий из одного сырья получают корма с высокой и низкой растворимостью протеина, с различной скоростью и степенью его ферментации в рубце жвачных.

2.10. Доступность и усвоение аминокислот

Доступность и усвоение аминокислот для животных зависит от переваримости питательных веществ, технологии заготовки кормов, подготовки их к скармливанию, условий хранения, поэтому наличие аминокислот в кормах еще не дает представления об их доступности для организма.

Причинами снижения доступности и усвоения аминокислот для животных, особенно моногастричных, могут быть низкая растворимость и переваримость протеина, наличие в кормах ингибиторов протеолитических

ферментов, антагонизм между отдельными аминокислотами и различия в скорости их всасывания, избыток клетчатки в рационах, нарушение технологии заготовки кормов и неудовлетворительное их хранение, термическая обработка и др.

Так, длительные сроки силосования, сенажирования, плохое уплотнение и герметизация хранилищ приводят к сильному разогреву массы, резкому снижению переваримости протеина, доступности и усвоения аминокислот. Длительное хранение кормов в неблагоприятных условиях также снижает переваримость и использование отдельных аминокислот.

Усвояемость протеина из кормов зависит также от наличия и содержания в их составе ингибиторов (от лат. *Inhibere* – сдерживать, останавливать), которые тормозят действие протеолитических ферментов. Особенно много таких веществ содержится в зерне бобовых культур (сое, горохе и др.). С помощью термической обработки ингибиторы разрушаются, соответственно повышается доступность, а, следовательно, и биологическая ценность протеина данных культур. Термическая обработка зерна злаковых, наоборот, снижает доступность аминокислот, особенно лизина.

Высокая степень измельчения кормов способствует улучшению переваримости и усвоения отдельных аминокислот у свиней, а у жвачных и зерноядных птиц, напротив, при слишком тонком измельчении переваримость и усвоение протеина ухудшается.

Скорость всасывания аминокислот в желудочно-кишечном тракте зависит от кислотности среды, соотношения аминокислот и других показателей. Максимальное всасывание аминокислот отмечается при рН химуса (содержимое желудка и кишечника) 6,5. При отклонении в ту или иную сторону интенсивность всасывания снижается на 10–15 %. Чем лучше рацион сбалансирован по аминокислотному составу, тем полнее всасываются аминокислоты.

Несбалансированность рационов по аминокислотному составу нарушает всасывание отдельных из них. Так, избыток метионина может тормозить всасывание лизина и фенилаланина и наоборот, валин – фенилаланина, лейцин и глицин – гистидина.

Некоторые минеральные вещества (сера, фосфор, кобальт, йод, бром и др.) принимают участие в регуляции аминокислотного обмена. Например, у свиней существует зависимость между показателями переваримости лизина и содержания в рационе калия. В биосинтезе белка принимают участие витамины группы В, среди которых особая роль принадлежит витамину В₁₂. Дополнительный ввод этого витамина в состав рациона повышает эффективность использования растительного белка, снижает потребности животных в метионине.

В организме животных существует тесная взаимосвязь между содержанием аминокислот и обменом других биологически активных соединений: нуклеиновых кислот, витаминов, микроэлементов. Например, от уровня аминокислот в рационе зависит нормальная функция эндокринных

желез, поскольку они повышают резистентность организма к различным заболеваниям. Кроме того, препараты синтетических аминокислот, используемые для балансирования рационов свиней и птицы, имеют не только кормовое, но и лечебно-профилактическое значение.

Являясь биологически активными веществами, аминокислоты под влиянием термических, химических и других факторов могут переходить в неусвояемые формы.

Аминокислотный состав протеина – один из важнейших показателей его качества, и животные разных видов предъявляют разные требования к составу протеина, поэтому его биологическая ценность для них будет разной.

2.11. Баланс азота в рубце

Азотный баланс рубца рассчитывается исходя из количества поступившего с кормом белка и синтезированного микробного протеина, для образования которого необходимы энергия и белок. Желательно, чтобы АБР составлял 30-50 г азота в день на корову.

Если баланс азота в рубце является положительным, это говорит либо о достаточном обеспечении азотом (показатель АБР от 1 до 50), либо об избытке азота (выше 50) и угрозе ацидоза (выше 100). Уменьшить положительный показатель АБР можно введением в рацион дополнительного количества энергии, что позволит микроорганизмам рубца переработать аммиак в микробный протеин. Положительный АБР чаще встречается у растущих животных, во время беременности, при восстановлении после тяжелых болезней и после голодания.

У закончившего рост здорового организма количество поступившего с кормом и выделенного с калом и мочой азота обычно бывает равно, и это получило название азотистого равновесия.

Отрицательный АБР свидетельствует о недостатке азота. Это означает, что в распоряжении микроорганизмов рубца имеется энергия, но микробный синтез невозможен из-за низкого уровня протеина корма. Отрицательное значение АБР наблюдается сразу после отела и в начале лактации, при голодании, недостатке белка в кормах, дефиците незаменимых аминокислот, недостатке витаминов и микроэлементов, необходимых для использования протеина.

Применением БВМК можно достичь комплексного энерго-протеинового обеспечения и восполнения потребностей в витаминах и минералах. Наличие фосфора, серы, кобальта, меди, каротина и витамина D – обязательное условие для синтеза микробного белка. В биосинтезе белка принимают участие также многие витамины группы B, среди которых особая роль принадлежит витамину B₁₂.

2.12. Нитраты и нитриты, их влияние на здоровье животных и использование отдельных питательных веществ

В летний период встречается отравление животных такими формами небелковых азотистых соединений, как нитраты и нитриты, содержащиеся в зеленом корме.

Избыточное поступление нитратов в организме чаще вызывает отравление у моногастричных животных. У жвачных животных микрофлора преджелудков способна восстанавливать нитраты до нитритов и далее до аммиака, который используется для синтеза микробного белка. Если этот процесс задерживается на стадии нитритов, то нитриты всасываются в кровь, нарушают преобразование каротина в витамин А, изменяют валентность железа, входящего в состав оксигемоглобина, с 2-х валентного в 3-х валентное. При этом оксигемоглобин переходит в неактивную форму – метгемоглобин, который, присоединив диоксид углерода, не способен менять его на кислород воздуха в альвеолах легких животного. При наличии в крови 75 % метгемоглобина животные погибают от удушья. Характерный признак такого отравления – «черная» венозная кровь. Чаще всего животные могут страдать от хронической интоксикации, что проявляется снижением продуктивности, оплодотворяемости, иммунитета, учащаются аборт, а у самцов отмечается некротическая спермия.

Основной причиной накопления в кормах нитратов и нитритов является внесение под кормовые культуры высоких доз азотных удобрений (до 200-300 кг/га действующего вещества), особенно когда растения испытывают стресс, вызванный засухой, холодом и т. д.

Предельно допустимая доза нитратов в кормах для жвачных составляет 0,65–1 г нитрата калия на 1 кг живой массы. Летальной считается доза более 1,5 % нитрата калия в 1 кг сухого вещества рациона. Для птиц ПДК составляет 0,5-0,7 % нитрата калия в сухом веществе комбикорма.

Согласно этим нормативам, уровень нитратов в корнеклубнеплодах должен составлять не более 2 г/кг корма, в сене – 1, зеленой массе, силосе, сенаже, комбикормах для крупного рогатого скота – 0,5, в комбикормах для свиней – 0,3 г/кг.

При высоком содержании нитратов в зеленых кормах их можно высушить на сено или приготовить из них силос. При силосовании нитраты восстанавливаются до аммиака, который связывается с органическими кислотами и нейтрализуется. Однако при нарушении технологии силосования, когда преобладает маслянокислое брожение, процесс восстановления нитратов и нитритов нарушается.

Для профилактики отравлений подозрительные на содержание нитратов корма следует скармливать небольшими порциями с интервалом не менее 2 ч.

Рассматривая роль амидов в кормлении животных, необходимо отметить, что входящие в их состав нитриты разрушают свободные

аминогруппы белков и аминокислот, превращая связанный азот белков в неусвояемый молекулярный азот, снижая тем самым протеиновую питательность кормов.

В составе амидов также встречаются глюкозиды и алкалоиды – ядовитые для животных вещества. Например, в составе амидов картофеля содержится глюкозид солонин, которого особенно много в ростках. По этой причине при использовании проросшего картофеля в кормлении животных ростки обязательно необходимо обламывать. В хлопчатниковом шроте содержится ядовитый глюкозид госсипол, что исключает возможность его широкого применения, так как концентрация госсипола не должна превышать 0,01 %.

Опасен для животных также избыток нуклеиновых кислот, которые содержатся в кормах как в свободном состоянии, так и в соединениях с белками (нуклеопротеиды). Содержание нуклеиновых кислот в 1 кг сухого вещества рациона не должно превышать 9 г. Более высокий уровень веществ отрицательно влияет на рост и развитие животных.

Много нуклеиновых кислот содержится в дрожжах, поэтому в комбикорма их вводят не более 7–10 %.

Некоторые исследователи считают, что селекцию кормовых культур следует вести на снижение содержания в них нуклеиновых кислот, особенно ДНК.

2.13. Последствия несбалансированности рационов по протеину и аминокислотам

В питании животных среди необходимых веществ сырому протеину отводится одно из основных мест в силу того, что он принимает активное участие в обмене веществ, а с другой стороны, является предшественником образования белков тела и продукции. Потребность в сыром протеине, например коров, определяется живой массой, уровнем продуктивности и физиологическим состоянием.

При суточном удое до 10 кг молока концентрация сырого протеина в сухом веществе рациона должна быть 11–12 %, от 11 до 20 кг – 13–14, от 21 до 30 кг – 15–16 и при удое 40 кг – до 17 %.

Из-за недостатка протеина в рационах ухудшается использование кормов, до одной трети снижается продуктивность животных, ухудшается качество продукции.

Общий недостаток поступления протеина с кормом приводит к явлениям азотного голодания. Это отражается, прежде всего, на содержании плазменных белков, в результате чего возникает гипопротеинемия, баланс азота становится отрицательным, уменьшается содержание мочевины до 5-7 г/л и менее в общем азоте мочи.

При недостатке протеина в кормовом рационе крупного рогатого скота и его качественном несоответствии снижается количество гемоглобина в крови до 85–95 г/л и ниже, прежде всего за счет глобина.

При длительном азотном голодании нарушается синтез ферментов, в связи с чем снижается ферментная функция печени, желез пищеварительного тракта и других органов. С мочой выделяется большое количество аминокислот, которые не могут быть нормально использованы из-за недостатка ферментов.

В период азотного голодания расходуются белки крови, содержание которых уменьшается в 1,5–2 раза, белки печени, расходуемые до 40 % нормального содержания, и, наконец, белки мышц и кожи, на которые в общей потере белка тела приходится до 60–70 %. Уменьшение белковых резервов организма приводит к снижению его резистентности. В то время как систематический избыток белка в корме может быть причиной токсических явлений, то чаще всего поражается печень.

Белковая недостаточность у животных вызывает различные заболевания. Нарушения переваривания протеина и всасывания аминокислот возможны при болезнях органов пищеварения, особенно кишечника. При нарушении пищеварения ухудшается усвоение углеводов и жиров, что ведет к усиленному распаду белка в организме для образования энергии.

Повышенный расход или увеличенные потери белка характерны для активной формы туберкулеза и многих инфекций, тяжелых травм, злокачественных образований, болезней почек (например, нефротический синдром), массивных кровопотерь и т.д. К белковой недостаточности ведут продолжительные или неправильно составленные по качеству протеина лечебные рационы при болезнях почек и печени. Однако при любых заболеваниях соответствующая диета, обогащенная полноценным белком, уменьшает или предотвращает протеиновую недостаточность.

Протеиновая недостаточность приводит к ухудшению функций печени, поджелудочной железы, эндокринной, кроветворной и других систем организма, атрофии мышц. Нарушается усвоение питательных веществ кормового рациона, что сопровождается соответствующими наслоениями, например, гиповитаминозами, остеодистрофическими изменениями и другими заболеваниями, снижается сопротивляемость к инфекциям, замедляются процессы выздоровления, в частности заживление ран и травм.

Ненормированное и неполноценное протеиновое питание приводит к задержке роста и развития молодых животных, нарушениям воспроизводительной функции у взрослых (например, плохая оплодотворяемость, перегуды, яловость маток, снижение плодовитости, рассасывание и мумификация плода, импотенция у производителей и др.).

Недостаток протеина и особенно аминокислот в рационе снижает использование питательных веществ кормов, в результате чего падает продуктивность, надой молока, приросты живой массы у растущих и откармливаемых животных, настриг шерсти у овец, яйценоскость у птицы.

Избыток протеина также вреден в кормовом рационе. Это приводит к перегрузке печени и почек продуктами его распада, перенапряжению секреторной функции пищеварительного аппарата, усилению гнилостных процессов в кишечнике, накоплению в организме продуктов азотистого обмена со сдвигом кислотно-щелочного равновесия в кислую сторону (рН крови менее 7, рН рубцового содержимого менее 6).

Белковый перекарм ведет к обогащению организма кетогенными аминокислотами (лейцин, фенилаланин, тирозин, триптофан, лизин). В процессе превращения этих аминокислот образуется избыточное количество ацетоуксусной кислоты, что способствует развитию кетоза.

Поэтому при организации правильного протеинового питания необходимо соблюдать физиологические нормы потребности в протеине и аминокислотах для животных.

Наиболее оптимальным в биологическом отношении по аминокислотному составу считается рацион, в котором в среднем на 1 часть триптофана приходится 5 частей лизина, 4,5 – лейцина, 4 – валина, 4 – фенилаланина, 3 – метионина, 2,5 – изолейцина, 2,5 – треонина и 1,5 части гистидина.

2.14. Источники кормового протеина и аминокислот

Хорошими источниками незаменимых аминокислот являются корма животного происхождения. Например, лизина много в рыбной, мясной и мясокостной муке, обезжиренном молоке, кормовых дрожжах, соевом шроте; бедны лизином зерновые злаковые, отруби, корнеклубнеплоды. Метионином богата рыбная мука, подсолнечные жмых и шрот; в зерне злаковых и бобовых, корнеплодах его мало. Относительно беден серосодержащими аминокислотами белок мясокостной муки и дрожжей.

Триптофаном богаты рыбная, кровяная и мясная мука, жмыхи и шроты; бедны зерновые злаковые, особенно кукуруза и корнеклубнеплоды. Незначительное количество триптофана содержится в травах и корнеклубнеплодах, а наибольшее – в кровяной муке и кормовых дрожжах.

Корма, богатые аргинином – жмыхи, шроты, молочные продукты, мясокостная мука.

Много гистидина содержится в кормах животного происхождения, а дефицит обнаружен в траве и корнеклубнеплодах.

К кормовым источникам лейцина относятся зерно бобовых, корма животного происхождения, жмыхи, шроты. В корнеклубнеплодах и зернах злаковых этой аминокислоты содержится небольшое количество.

Наибольшее количество изолейцина, валина, треонина содержится в зернобобовых, кормах животного происхождения, жмыхах и шротах, наименьшее – корнеклубнеплодах.

Фенилаланин содержится в кормах животного происхождения, жмыхах и шротах. Самое большое его количество находится в кровяной муке, сое.

Основными источниками кормового протеина для сельскохозяйственных животных являются зернобобовые культуры, отходы маслоэкстракционного производства, продукты гидролизного производства, синтетические вещества.

Рационы жвачных животных полезно обогащать натрия сульфатом – источником серы для микробиального синтеза метионина в рубце.

Препараты метионина скармливают жвачным животным в форме, недоступной для воздействия микроорганизмов.

2.15. Контроль протеинового питания животных

В практике кормления сельскохозяйственных животных протеиновое питание контролируют по следующим показателям.

1. *Содержание сырого и переваримого протеина в кормах рациона.* В кормовых рационах крупного рогатого скота, овец, лошадей, кроликов учитывают содержание сырого и переваримого протеина и выражают в граммах на голову, в расчете на 1 ЭКЕ рациона или на 1 кг сухого вещества корма.

Уровень протеинового питания зависит от вида, возраста, физиологического состояния и хозяйственного использования животных. Например, у лактирующих коров уровень переваримого протеина в расчете на 1 ЭКЕ рациона в среднем составляет 80–100 г, подсосных свиноматок – 100, лактирующих овцематок – 95 г, а у молодняка этот уровень всегда выше, чем у взрослых; у беременных выше, чем у холостых; у откармливаемых животных ниже, чем у племенных.

Уровень протеинового питания сельскохозяйственной птицы определяется содержанием только сырого протеина в 100 г кормовой (сухой) смеси в граммах или процентах. Например, в 100 г комбикорма для кур-несушек должно содержаться в среднем 17 г, или 17 %, сырого протеина. Он зависит от вида, возраста и продуктивности.

2. *Валовое содержание в кормовом рационе аминокислот,* главным образом незаменимых. Уровень аминокислотного питания выражают чаще всего в процентах от сырого протеина корма. Например, уровень лизина в рационах свиней составляет в среднем 4,5 % от сырого протеина, т.е. если в рационе содержится 200 г протеина, то норма лизина в сутки будет составлять 9 г.

В птицеводстве помимо этого показателя учитывают количество незаменимых аминокислот на голову в сутки, но с учетом содержания в рационе протеина. Например, для кур-несушек при наличии в рационе 14 % протеина требуется 2 г триптофана в сутки, а при содержании 17 % – 1,5 г.

Уровень аминокислотного питания зависит также от многих факторов, и в первую очередь от вида, возраста, продуктивности и др.

3. *Биохимические показатели* крови, мочи, молока и др., по которым в период диспансеризации животных ветеринарные врачи контролируют протеиновое питание.

Недостаток протеина и аминокислот в рационах животных, особенно свиней и птицы, нередко сопровождается снижением общего белка и изменением соотношения его в сыворотке крови. У жвачных – уменьшение аммиака в рубце, мочевины в крови.

Для выявления дефицита, доступности аминокислот рекомендуется определять содержание свободных аминокислот в плазме крови или мышцах с помощью аминокраммы и одновременно контролировать концентрацию мочевины и нуклеиновых кислот в крови.

Аминограмма – это запись количественного содержания аминокислот в белке, служит одним из критериев при определении потребности животных в аминокислотах и их усвояемости из кормов различного состава и способа приготовления.

Возрастание концентрации свободных аминокислот в плазме крови происходит при повышении потребления животными протеина. При дефиците протеина содержание свободных аминокислот обычно падает и, кроме того, уменьшается отношение свободных незаменимых аминокислот к заменимым.

Недостаток какой-либо незаменимой аминокислоты снижает синтез белка в организме, а в плазме крови возрастает общее количество свободных аминокислот. При этом повышается интенсивность включения недостающей аминокислоты в белки тканей тела и в крови наблюдается быстрое снижение ее уровня с нарушением соотношения свободных аминокислот.

Обогащение рационов свиней и птицы дефицитными аминокислотами способствует повышению их уровня в плазме крови.

Использование жмыхов, шротов, рыбной, мясной муки и других кормов со сниженной скоростью высвобождения аминокислот из-за перегрева в процессе их приготовления отражается на уровне свободных аминокислот крови. Кормление рационами с более высоким содержанием энергии, а также ускоренный рост поросят и цыплят приводит к снижению уровня свободных аминокислот в плазме. У лактирующих свиноматок концентрация свободных аминокислот ниже, чем у супоросных [С.Н.Хохрин, 2004, с.91].

Скармливание карбамида жвачным животным вместо, например, жмыхов и шротов влияет на характер аминокраммы: наблюдается уменьшение общей суммы аминокислот, особенно лизина, метионина, гистидина, и увеличение глицина, валина, глутамина. Содержание свободных аминокислот в плазме крови отражает их концентрацию в мышцах. На аминокраммах выявляют также антагонистические отношения между отдельными аминокислотами.

Для контроля протеинового питания и белкового обмена в моче определяют общий азот и его фракции – азот мочевины, аммиака и

аминокислот, величину рН, ставят ляписную пробу (метод анализа трех разных порций мочи) и пробу на белок.

Увеличение общего азота в моче указывает на недостаточное использование азота корма в связи с низким качеством протеина рациона. У жвачных избыток протеина в корме приводит к высокому содержанию в моче азота мочевины, иногда до 85 %. Кроме того, при избытке протеина в корме, и особенно при неудовлетворительном его качестве, возрастает количество аминокислот, которые не могут полностью дезаминироваться, и часть их попадает в мочу.

При недостатке протеина в рационе в моче снижается азот мочевины и возрастает азот пуриновых оснований. При появлении заметных количеств гистамина в моче результат ляписной пробы становится положительный.

2.16. Основные пути решения проблемы кормового протеина в животноводстве

Ежегодный дефицит переваримого протеина для нужд животноводства Республики Беларусь в среднем составляет 20–25 %, а в отдельные годы и более.

Можно выделить три основных пути решения этой проблемы:

1. Увеличение производства кормов с высоким содержанием протеина.
2. Рациональное использование высокобелковых кормов.
3. Использование заменителей протеина в кормлении животных.

Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь совместно с научными учреждениями страны разработана республиканская программа «Белок», которой предусмотрено в производимых и заготавливаемых кормах увеличить содержание переваримого протеина в среднем на 30 %.

Для выполнения данной задачи рекомендуется усовершенствовать структуру зернофуражных культур, прежде всего, за счет увеличения на 21 % доли зернобобовых культур в объеме зерновых, при их урожайности не менее 25 ц/га. Удельный вес бобовых и бобово-злаковых травосмесей рекомендуется довести до 75 % по многолетним травам, при этом доля бобовых культур должна быть не менее 40 %.

Важную роль необходимо отводить возделыванию крестоцветных культур, которые по содержанию протеина не уступают бобовым, а также расширить посевы таких высокобелковых кормовых культур, как люцерна, амарант, галета восточная, донник, сераделла, вика мохнатая.

В рамках программы рекомендуется скармливать зернофураж собственного производства в составе сбалансированных смесей с высокобелковыми зернобобовыми кормами, белково-витаминными добавками. Кроме того, следует увеличить производство комбикормов и белково-минерально-витаминных добавок, а также совершенствовать их рецептуру.

Важное место в программе уделяется совершенствованию технологий заготовки травяных кормов, увеличению производства силоса с добавлением азотсодержащих добавок и консервантов, зерносенажа, обезвоженных зеленых кормов, чтобы удельный вес кормов первого класса составлял не менее 75 %.

Для компенсации недостающего белкового сырья рекомендуется использовать вторичные ресурсы перерабатывающей, пищевой, микробиологической и химической промышленности (жмыхи, шроты, особенно рапсовый); остатки бродильных производств (барда, пивная дробина и др.); молочной и мясной промышленности, а также продукцию микробиального синтеза – аминокислоты, кормовые дрожжи.

Производство кормовых дрожжей основано на микробиологическом синтезе кормового белка и отличается исключительной интенсивностью. Если для получения 1 т переваримого протеина из гороха потребуется около 2 га пашни, а выращивать его необходимо не менее трех месяцев, то 1 т белка кормовых дрожжей можно получить за 1 сутки.

Кормовые дрожжи можно успешно скармливать телятам и крупному рогатому скоту. Кормовые дрожжи могут заменить 20–30 % нормы цельного молока при вскармливании телят и обеспечить ежедневные приросты живой массы в 650–750 грамм. При выращивании телят 1 кг дрожжей заменяет 4–6 кг молока и позволяет получить дополнительно до 320 грамм телятины. Кормовые дрожжи повышают удой молока на 3–3,5 л в сутки и содержание жира в нем на 0,4–0,6 %.

Систематическое скармливание дрожжей на зверофермах, заменяя на 30 % мясной корм, приводит к повышению сопротивляемости животных заболеваниям и значительному увеличению качества меха.

Дрожжи повышают рысистость и выносливость лошадей, снижают их утомляемость.

Особенно эффективно использование кормовых дрожжей в птицеводстве. Добавление кормовых дрожжей в рацион в количестве 5 % от общей массы корма увеличивает яйценоскость кур-несушек на 25–40 %. Килограмм дрожжей, скормленный курам, дает возможность получить дополнительно более 30–40 яиц.

В рационы свиней кормовые дрожжи вводятся в смеси с концентратами в количестве 5–10 % от общей массы рациона. При добавлении к зерновому рациону 120–150 г кормовых дрожжей у подсвинков живой массой 25–40 кг увеличиваются приросты живой массы на 15–20 %, а затраты кормов в расчете на 1 кг прироста снижаются на 9–10 %.

На Новополоцком заводе белково-витаминных концентратов налажен выпуск кормовых дрожжей из растительного сырья под коммерческим названием «Провит». Провит – продукт дрожжевой природы, изготовленный на основе ржаной муки. По химическому составу содержит 85,1 % сухого вещества, в том числе протеина 51,44 %, клетчатки 1,12, жира 3 %, по качеству белка он не уступает паприну. В 1 кг продукта содержится 11,6

МДж обменной энергии и 357 г переваримого протеина. Включение в состав комбикорма 5 % от массы или 20 % от содержащегося в нем протеина повышает прирост живой массы бычков на откорме.

Таким образом, кормовые дрожжи могут успешно применяться для ликвидации дефицита белка в рационе животных. Питательные качества продукта также очень ценятся благодаря высокой усвояемости элементов в организме. В состав кормовых дрожжей входит достаточное количество витамина D₂ и различных минеральных соединений, участвующих в важных биохимических реакциях в организме и входящих в состав ферментов и гормонов.

В последнее время микробиологическая и химическая промышленность Беларуси выпускает кормовые и синтетические препараты аминокислот: кормовой концентрат лизина в жидком и сухом виде, сухой кормовой концентрат лизина, L-лизин, метионин кормовой, триптофан кристаллический, кормовой концентрат триптофана и др. На практике синтетические препараты аминокислот чаще используются для обогащения премиксов, белково-минерально-витаминных добавок, комбикормов в соответствии с рецептурой смесей.

Исследованиями доказано, что использование в рационе синтетических аминокислот предпочтительнее (и с экономической, и с физиологической точки зрения), чем балансировать рацион с помощью протеинсодержащих кормов.

Международная промышленная группа компаний из Германии – «Evonik Industries», единственный в мире производитель, выпускающий четыре незаменимые аминокислоты для кормления животных.

MetAMINO® (DL-метионина) – это синтетическая аминокислота, содержание которой в продукте составляет 99,5 %. DL-метионин используют в основном в рационах птицы и свиней, рыб, пушных зверей, кошек, собак.

Другой источник метионина – Мепрон®. Это защищенная форма DL-метионина для высокоудойных коров. Благодаря специальному покрытию с использованием этилцеллюлозы, Мепрон® проходит транзитом многокамерный желудок коровы и высвобождается в тонком кишечнике. Это гарантирует стабильное поступление метионина в организм. Мепрон® содержит 85 % DL-метионина.

Биолиз® – продукт микробиологического синтеза, который содержит сульфат лизина (67,2 %). Содержание чистого L-лизина – не менее 50,7 %. Биолиз® обладает и дополнительной питательной ценностью. Он содержит ряд аминокислот, минеральные вещества и энергию, содержащиеся в побочных продуктах ферментации, в доступной для усвоения форме. Данный продукт также позволяет решить проблему избытка хлора в кормах, что особенно актуально для птицы.

ThreAMINO® (L-треонин) – третья для птицы и вторая для свиней по своему значению незаменимая аминокислота. L-треонин играет важную роль

в поддержании жизнедеятельности организма, синтезе пера, функционировании кишечника и иммунной системы.

TrypAMINO® (L-триптофан) – хорошо известная протеиногенная аминокислота. Ее использование необходимо, прежде всего, в низкопротеиновых рационах с высоким содержанием зернового сырья, которое, как правило, дефицитно по триптофану.

Сегодня уже невозможно представить успешное животноводческое хозяйство, в котором для балансировки кормов не применяются синтетические аминокислоты.

Не менее важное значение в ликвидации дефицита белка в рационе животных имеют *небелковые азотистые добавки* (синтетические азотсодержащие вещества).

В белковом обмене у жвачных животных главная роль принадлежит микробиологическим процессам в рубце. Здесь часть кормового белка и амиды расщепляются ферментом уреазой, вырабатываемой микрофлорой рубца, до аммиака, который используется в дальнейшем бактериями рубца для синтеза аминокислот и микробного белка.

Учитывая уникальную способность микрофлоры рубца усваивать небелковый азот корма, в рацион можно включать синтетические азотистые добавки – карбамид (мочевина), биурет, фосфат мочевины, аммонийные соли серной и фосфорной кислоты и др.

Наиболее распространенной синтетической азотистой добавкой для жвачных является карбамид. В нем содержится около 46 % азота, т. е. 100 г карбамида эквивалентно 287 г сырого или 260 г переваримого протеина. При использовании азотистых небелковых добавок учитывают, что 1 г карбамида синтезирует в организме животных 2,6 г переваримого протеина, биурет – 2,2, сульфат аммония и диаммонийфосфат – по 1,2 г, фосфат мочевины – 1,0, бикарбонат аммония – 0,95 г переваримого протеина.

Вводят мочевину в рационы для восполнения недостающего протеина в эквивалентном по азоту количестве, не превышающем (% от общей потребности в переваримом протеине): для коров – 20–25 (100–120 г), молодняка старше 6 месяцев – 25–30 (40–60 г), молодняка на откорме – 30–35 (50–100 г), для взрослых овец – 30–35 (15–18 г), ягнят старше 6 месяцев – 25–30 (8–12 г), или не более 15 г на 1 ц живой массы животного. Мочевину не рекомендуется скармливать сухостойным коровам и молодняку, не достигшему массы в 250 кг.

Для эффективного усвоения азота мочевины микрофлорой рубца рационы должны содержать достаточное количество легкопереваримых углеводов (крахмала, сахаров), серы (на 10–12 частей азота 1 часть серы), фосфора, других макро- и микроэлементов. К скармливанию мочевины приучают постепенно в течение 10–15 дней.

Необходимо помнить, что свиньи и птицы не могут использовать азот мочевины в количестве, имеющем практическое значение. Скармливание карбамида моногастричным приводит к отравлению и гибели животных.

При использовании синтетических азотистых веществ в кормлении животных необходимо осуществлять строгий контроль над их применением, соблюдать рекомендации по скармливанию и необходимые меры предосторожности, обязательно наблюдать за состоянием здоровья животных. Непременным условием для успешного их использования является постепенное приучение к поеданию добавок, достаточное содержание в рационе легкоусвояемых углеводов, необходимых для размножения в рубце бактерий. Кроме того, азотистые добавки необходимо вводить в состав кормосмесей и учитывать кратность кормления.

3. УГЛЕВОДНАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ

3.1. Понятие об углеводной питательности кормов

Преобладающую часть сухого вещества большинства растительных кормов составляют безазотистые вещества, среди которых значительное место (до 80 %) занимают углеводы. Углеводы – большая группа органических веществ, содержащих несколько карбонильных (–CO) и гидроксильных (–ОН) групп, с различными свойствами и ролью, которую они исполняют в организме животных. Они различаются по своим физическим и химическим свойствам, по превращениям в пищеварительном тракте и по участию в обмене веществ.

Углеводы являются основным источником энергии в биосфере, который может существовать как в мобильной форме, так и в форме резервов; структурными предшественниками аминокислот и нуклеиновых кислот; являются частью крови и определяют ее антигенные свойства, входят в состав хрящей, клеточной оболочки бактерий и растений, где они выполняют механическую и структурную функции соответственно.

Свойства углеводов связаны с их строением. По своему строению углеводы – это многоатомные спирты, которые структурно подразделяются на группы: моносахариды, дисахариды, трисахариды, полисахариды и др.

В группу моносахаридов входят пентозы (арабиноза, ксилоза, рибоза) и гексозы (глюкоза, фруктоза, галактоза, манноза); дисахаридов – сахароза, мальтоза, лактоза, целлобиоза; среди трисахаридов выделяется раффиноза. Полисахариды включают в себя пентозаны (арабан, ксилан) и гексозаны (декстрин, крахмал, целлюлоза, инулин, гликоген); среди прочих полисахаридов в кормах встречаются гемицеллюлозы, лигнин, смолы, слизи и пектиновые вещества.

По роли в обмене веществ у животных углеводы подразделяют на энергетические, структурные и резервные.

К энергетическим углеводам относят крахмал, сахарозу, глюкозу, мальтозу, фруктозу и др. Такие углеводы, как лактоза, манноза, галактоза, раффиноза и рибоза в организме животных являются структурным материалом, входящим в состав клеток, органов и тканей. Гликоген – резервный углевод животных организмов.

По превращениям в пищеварительном тракте животных различают легкоусвояемые и трудноусвояемые углеводы. Легкоусвояемые – это моносахариды, дисахариды и полисахарид крахмал; трудноусвояемые – все полисахариды, за исключением крахмала.

Большое разнообразие углеводов, входящих в состав кормов, определяет их углеводную питательность.

Моносахариды – легко растворимы в воде, трудно – в спирте и нерастворимы в эфире и бензоле. Это простые углеводы, которые всасываются через кишечную стенку в кровь без предварительного расщепления. Однако скорость всасывания моносахаридов разная.

По снижению скорости всасывания моносахариды можно расположить в следующем порядке:

Галактоза > глюкоза > фруктоза > манноза > ксилоза > арабиноза.

Пентозы встречаются чаще всего как остаточные продукты ферментации. Например, рибоза присутствует во всех клетках животного организма в качестве компонента рибонуклеиновых кислот (РНК), а также в составе некоторых ферментов и витаминов.

Гексозы у жвачных животных в рубце быстро сбраживаются при участии населяющих его бактерий и инфузорий с образованием молочной кислоты и летучих жирных кислот. Поступление большого количества глюкозы и фруктозы в рубце приводит к накоплению молочной кислоты, что оказывает вредное действие.

Из *дисахаридов* особенно широко встречается в кормах в свободном состоянии только сахароза. Мальтоза образуется при расщеплении крахмала, а целлобиоза – из клетчатки (целлюлозы). Лактоза – молочный сахар – содержится в молоке животных. При гидролизе она распадается на глюкозу и галактозу.

Сахароза – наиболее доступный среди углеводов источник энергии для организма животного.

Сахароза, мальтоза и лактоза хорошо растворяются в воде, однако из кишечника они всасываются после расщепления на соответствующие моносахариды. Сахароза сбраживается в рубце жвачных животных так же интенсивно, как глюкоза и фруктоза, с образованием молочной кислоты и летучих жирных кислот, мальтоза и лактоза сбраживаются медленнее.

Из *трисахаридов* в кормах присутствует лишь раффиноза. Она содержится в сахарной свекле и кормах из отходов хлопчатника. В процессе хранения сахарной свеклы количество раффинозы в ней возрастает. В раффинозу входят по одной молекуле глюкозы, фруктозы и галактозы.

Полисахариды (сложные углеводы) в воде нерастворимы, при переваривании они расщепляются до моносахаридов. Из полисахаридов в кормлении жвачных животных основное значение имеют крахмал, целлюлоза (клетчатка) и гемицеллюлоза.

К полисахаридам относятся также пектиновые вещества, лигнин и др. Пектины встречаются во всех кормах, их особенно много в корнеплодах; при их гидролизе образуются простые углеводы и уоновые кислоты, играющие существенную роль в обмене веществ. Лигнин высокоустойчив к воздействию химических и биологических факторов. Он всегда связан с целлюлозой, не переваривается и препятствует перевариванию других связанных с ним полисахаридов.

Преобладающая составная часть растительных кормов – крахмал, сахара, клетчатка и пентозаны, наиболее значимые питательные вещества в кормлении животных.

Крахмал в разном количестве содержится во всех природных кормах, особенно много в зерновых. Концентрация его в семенах кукурузы доходит до 65-75 %, мало крахмала в стеблях и листьях – около 2 % от сухого вещества (таблица 3.1).

Таблица 3.1. Содержание сахаров и крахмала в некоторых растительных кормах, % от сухого вещества (С. В. Крылов, 1999)

Корм	Содержится в кормах		
	сахара	крахмала	сумма (сахара + крахмал)
Зерно: кукуруза	2,77	61,21	63,98
овес	2,71	39,98	42,69
пшеница	5,23	57,74	62,97
рожь	6,08	41,61	47,69
ячмень	3,59	51,03	54,62
горох	5,12	36,75	41,87
Зеленая масса: люцерны	4,68	3,19	7,87
пшеницы	14,15	2,47	16,62
Силос кукурузный	1,34	8,48	9,82
Свекла кормовая	56,29	2,94	59,23
Картофель	7,25	53,23	60,48

Особая форма крахмала – инулин в больших количествах обнаруживается в клубнях топинамбура (земляной груше) и хорошо усваивается животными.

Единственным представителем полисахаридов и аналогом крахмала в организме животных является гликоген. Он содержится в тканях и кормах животного происхождения, особенно много его в печени – 1–4 % от ее массы. Небольшое его количество обнаружено в почках, и еще меньшее – в глиальных видах клеток мозга и белых кровяных клетках.

Сахара в растительных кормах представлены моносахаридами (глюкоза и фруктоза) и дисахаридами (мальтоза и сахароза). Сахара накапливаются в количествах до 22 % в виде резервных веществ в корнях сахарной свеклы, моркови и в растениях сорго.

Содержание лактозы в молоке коров и других животных может быть 4–5 %. Несмотря на ее значительное содержание в молоке, оно не имеет заметной сладости. Объясняется это тем, что лактоза в 4–5 раз менее сладкая,

чем сахароза. Сбраживается лактоза лишь особыми дрожжами – лактозными, находящимися в кисломолочных продуктах.

Пентозаны. Это промежуточные продукты синтеза клетчатки в растениях, поэтому до 25–30 % они обнаруживаются в грубых кормах, соломе и сене. В природе растительных кормов распространены пентозаны двух типов – *арабаны* и *ксиланы*. Арабаны входят в состав пектиновых веществ растений, ксиланы – гемицеллюлоз.

Сырая клетчатка – это группа безазотистых веществ корма, в которую входят собственно клетчатка – целлюлоза, а также пентозаны, гексозаны и инкрустирующие вещества – лигнин, кутин, суберин.

В кормах животного происхождения нет клетчатки.

В растительных кормах в процессе роста содержание и химический состав сырой клетчатки изменяется: в клеточной оболочке молодых растений преобладает целлюлоза, а с возрастом, когда клеточная стенка утолщается, накапливаются лигнин и пентозаны, что препятствует воздействию микрофлоры на потенциально переваримую целлюлозу. Клетчатка (целлюлоза) расщепляется в организме до глюкозы под действием фермента микроорганизмов целлюлазы.

Много сырой клетчатки содержится в соломе озимых зерновых злаковых – 40–45 %, несколько меньше ее в соломе яровых и сене – 20–35, в голозерных злаках (кукурузе, пшенице) – около 1, в пленчатых (овсе, ячмене) – 10–12, в корнеклубнеплодах – не более 0,4–2 %.

Благодаря микробной ферментации жвачные наиболее эффективно переваривают клетчатку. Последняя имеет значение для них не только как питательный субстрат, но и как объемистая, медленно переваривающаяся часть корма, необходимая для обеспечения нормальной моторики желудочно-кишечного тракта. Оптимальным уровнем клетчатки в рационе жвачных считается 20–22 %. Скармливание жвачным малых количеств грубого корма приводит к нарушениям моторики преджелудков и сортирующей роли сетки. Уровень клетчатки в корме влияет на переваримость других питательных веществ рациона. Как недостаток, так и избыток клетчатки ведет к нарушению пищеварения и снижению переваримости питательных веществ. По мнению некоторых авторов, у коров, получающих рационы с недостаточным количеством грубых кормов, снижается молочная продуктивность и содержание жира в молоке из-за уменьшения синтеза уксусной кислоты в рубце.

К *безазотистым* органическим соединениям также можно отнести фенольные соединения, гликозиды и эфирные масла. Их количество сильно варьируется от значительного до едва обнаруживаемого. Эти соединения определяют вкусовые достоинства и поедаемость животными кормовых средств. По этой причине для дальнейшего совершенствования технологии кормления, направленной на увеличение поедаемости кормов животными, необходимо учитывать содержание в них фенольных соединений, гликозидов

и эфирных масел, а также возможность их использования в чистом виде в составе рационов.

Содержание углеводов в кормах неодинаковое. Например, крахмала много в клубнях картофеля, сахарозы – в свекле, моркови и других корнеплодах и бахчевых, целлюлозы (клетчатки) – в грубых кормах (сене, соломе и др.); лактозы – в молоке. Манноза содержится в зерне ячменя и пшеницы, ее много в хвое, кормовых дрожжах; галактоза – в молочном сахаре, корнеклубнеплодах, жмыхах, льняном семени. Раффинозы сравнительно много в сахарной свекле, в зерне ржи и пшеницы.

Углеводное питание используется для обеспечения специфических потребностей организма животных в углеводах и восполнения их запасов, истраченных в процессе обмена веществ, за счет углеводов кормов.

Углеводная питательность кормов зависит от содержания различных форм углеводов в корме, их усвояемости в различных отделах желудочно-кишечного тракта и влияния на обмен веществ и продуктивность животных.

На содержание углеводов в злаковых и бобовых травах и кормах, приготовленных из них, оказывают существенное влияние вид растения, сорт, стадия роста, климат, уровень удобрения, технология заготовки кормов, способы их подготовки к скармливанию и др. Данные о содержании углеводов в злаковых культурах по фазам вегетации приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Содержание углеводов в злаковых травах по фазам вегетации, % от абсолютно сухого вещества (Н. Г. Макарецев, 2012)

Культура и фаза вегетации	Сухое вещество	Водорастворимые углеводы	Крахмал	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин
Кострец безостый трубкование	20,07	13,50	6,0	23,76	11,56	4,22
колошение	24,8	11,44	3,83	26,71	15,26	4,74
начало цветения	30,42	11,28	3,72	34,83	17,59	9,69
Овсяница трубкование	19,67	14,55	6,36	25,69	14,53	4,03
колошение	29,04	8,88	2,99	30,15	15,80	5,99
начало цветения	34,35	6,34	2,56	34,92	19,09	8,74
Тимофеевка луговая трубкование	23,69	7,17	4,43	27,09	11,95	4,6
колошение	30,98	7,12	4,55	28,09	13,32	5,8
начало цветения	33,99	5,00	4,24	31,79	17,00	5,85

На протяжении периода вегетации содержание воды и сырого протеина в злаковых травах снижается, а содержание компонентов клеточных стенок (гемицеллюлоз, целлюлоз и лигнина) возрастает. В то же время количество водорастворимых углеводов (в основном глюкозы, фруктозы и сахарозы) несколько снижается.

В бобовых культурах главным запасным полисахаридом является крахмал, в отличие от фруктозида в злаковых. Наибольшим содержанием крахмала отличаются вика и горох, особенно в конце вегетации. При этом по мере развития этих видов растений количество крахмала возрастает (таблица 3.3).

Основными сахарами водорастворимой фракции углеводов в бобовых являются фруктоза, глюкоза и сахароза. Содержание водорастворимых углеводов в люцерне и клевере луговом по мере их роста и развития заметно снижается.

Таблица 3.3. Содержание фракций углеводов в бобовых культурах, % на сухое вещество (Н.Г. Макарецв, 2012)

Культура и фаза вегетации	Сырая клетчатка	Водорастворимые углеводы	Крахмал	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин
Люцерна						
стеблевание	21,67	9,4	1,7	6,5	20,0	8,6
бутонизация	26,40	5,8	1,5	9,7	23,9	8,1
Цветение	32,89	5,5	1,2	10,2	22,0	10,4
Клевер луговой						
стеблевание	15,75	12,9	1,7	8,0	17,2	6,7
бутонизация	27,23	10,7	1,5	7,6	23,9	9,0
Цветение	32,11	10,5	1,2	7,9	25,6	11,7
Горох						
бутонизация	25,62	11,8	1,9	7,3	22,8	8,22
цветение	26,25	17,6	5,7	6,5	22,3	7,22
молочная спелость	27,88	15,2	10,3	10,5	21,8	7,61
восковая спелость	30,61	5,0	13,6	10,9	24,3	8,16
Вика яровая						
бутонизация	23,5	4,5	1,6	8,3	21,0	7,64
цветение	25,3	4,5	1,5	8,4	22,8	8,63
восковая спелость	25,02	6,6	15,8	7,1	20,5	8,7

Фракции гемицеллюлозы, целлюлозы и сырой клетчатки по мере роста и развития бобовых культур повышаются. Это относится и к содержанию лигнина в люцерне и клевере.

Следовательно, вид кормовой культуры и фаза ее развития во многом определяют и содержание отдельных фракций углеводов в кормах.

Приемы технологического воздействия при заготовке и хранении кормов также оказывают значительное влияние на содержание углеводов.

Процесс сушки и провяливания трав при приготовлении сена и сенажа в большей степени оказывает влияние на содержание водорастворимых углеводов, чем остальных питательных веществ.

Фактор силосования (силосование – брожение корма) существенно влияет на содержание водорастворимых углеводов, крахмала, гемицеллюлоз как основных питательных веществ для жизнедеятельности микроорганизмов в силосе.

Таким образом, при заготовке любых видов кормов технологический процесс должен обеспечивать минимальные изменения в содержании и соотношении питательных веществ в сравнении с зеленой массой.

3.2. Роль разных форм углеводов в кормлении животных

Углеводы в организме животных играют многообразную роль. Они являются основным источником энергии, соединяясь с белками и липидами, образуют структурные компоненты клеток и их мембран.

В организме животных с однокамерным желудком (лошадей, свиней, плотоядных, кроликов) углеводы всасываются в кишечнике в виде глюкозы и с кровью воротной вены переносятся в печень, где ее значительная часть откладывается в виде гликогена. Остальная глюкоза разносится кровью по организму и поступает в клетки тканей, где также откладывается в виде гликогена. Однако отложение гликогена в печени и тканях ограничено, содержание его не превышает 2 % массы тела животного, причем в мышцах накапливается около 4 % гликогена, а в печени – 18 % от общего его количества.

Неиспользованная организмом часть глюкозы превращается в жировых депо в триглицериды, но углеводы в основном необходимы организму для производства работы. При этом глюкоза в результате ряда промежуточных реакций – гликолиза – дает энергию для ресинтеза (процесс обратного восстановления) аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), взаимодействующей с мышечными волокнами при их сокращении. При мышечной работе содержание глюкозы в крови и гликогена в мышцах снижается. Всякое понижение глюкозы в крови вызывает расщепление гликогена в печени. Этот процесс продолжается до тех пор, пока содержание глюкозы в крови не достигнет постоянной концентрации.

Концентрация глюкозы в крови у большинства животных колеблется от 5,5 до 8,8 ммоль/л, а у жвачных животных – от 2,2 до 3,3 ммоль/л. Содержание гликогена в печени достигает 2–8 % от ее массы, а в мышцах – 0,5–1,0 %.

Для покрытия энергетических нужд организма глюкоза служит наиболее мобильным источником. За счет ее окисления в организме жвачных покрывается 30–35 % затрат энергии, у моногастричных животных – до 50 %.

У жвачных животных углеводный обмен имеет ряд особенностей. Наибольшая потребность в глюкозе отмечается у лактирующих животных. Это связано с тем, что глюкоза является предшественником лактозы. Глюкоза – основной источник энергии для плода и используется для синтеза фруктозы, гликогена и жира. Потребность в ней плода к концу беременности составляет до 9 г на 1 кг массы плода в сутки, а это примерно 80 % всей поступающей глюкозы.

Другая часть углеводов всасывается из преджелудка преимущественно в виде летучих жирных кислот – уксусной, масляной и пропионовой.

Уксусная кислота является предшественником молочного жира, используется организмом в качестве источника энергии и частично – для синтеза глюкозы. Пропионовая кислота является основным источником глюкозы в организме жвачных. Использование масляной кислоты в обмене веществ как источника энергии идет через стадию образования кетоновых тел.

Углеводный обмен регулируется нервной системой и гормонами, вырабатываемыми железами внутренней секреции. Центр углеводного обмена расположен в гипоталамусе. Кора больших полушарий также влияет на обмен углеводов. Гормон поджелудочной железы – инсулин, способствует синтезу гликогена, благодаря чему уровень глюкозы в крови понижается. Под воздействием гормона поджелудочной железы глюкагона, гормонов надпочечников адреналина и глюкокортикоидов, адреностероидного гормона гипофиза и тироксина происходит распад гликогена и увеличение содержания сахаров в крови.

3.3. Понятие о кислотно-детергентной клетчатке и нейтрально-детергентной клетчатке и их роль в кормлении жвачных животных

Используемый на протяжении более ста лет показатель содержания сырой клетчатки в качестве отрицательной характеристики качества корма утратил свое значение. Негативной стороной показателя сырой клетчатки является то, что с увеличением ее уровня в рационе происходит снижение переваримости, а значит и энергетической ценности корма. Однако жвачные животные в состоянии переваривать большое количество гемицеллюлоз и целлюлозы кормов. А их возможность переваривать сырую клетчатку ограничивается объемом желудочно-кишечного тракта и содержанием лигнина в рационе. Таким образом, сырая клетчатка дает лишь приблизительное представление о различиях в степени переваримости кормов.

Второй серьезной проблемой является то, что в процессе химического анализа корма под действием кислот и щелочей часть гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина растворяется и фильтруется и при подсчете учитывается в безазотистых экстрактивных веществах. Таким образом, истинная картина содержания углеводов искажается.

Наиболее точным и полным представлением о качестве корма является разделение его на две фракции: НДК (нейтрально-детергентная клетчатка) – сумма структурных углеводов клеточной стенки, состоящих из гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина. Этот кормовой компонент нерастворим в нейтральном детергенте и представляет наиболее переваримую часть корма; КДК (кислотно-детергентная клетчатка) является трудно переваримым растительным материалом грубого корма, включает целлюлозу и лигнин. КДК нерастворим в кислом детергенте.

Необходимо отметить, что НДК не входит в состав сырой клетчатки, как и сырая клетчатка не является частью НДК.

НДК – показатель, который лучше всего дифференцирует в растительном корме структурные углеводы от неструктурных. Она включает наибольшее число химических соединений по сравнению с сырой клетчаткой.

В зависимости от вида корма количество НДК может варьировать в значительных пределах. Ее высокое содержание отмечено в грубых кормах (в соломе – до 84,1 %); более низкое – в сочных (в свекле кормовой – 17,4 %); в зернах бобовых – от 53,0 до 76,5 %, а зерне ячменя – 19,1 %.

Количество КДК в кормах меньше НДК на показатель значения гемицеллюлоз. Так, в траве люцерны уровень КДК составляет 39,2 %, соломе пшеничной – 56,2, свекле кормовой – 10,4, сене луговом – 30,3 %.

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

для силоса кукурузного:	$\text{КДК, \%} = -1,15 + 0,62 \text{ НДК.}$
для сена и зеленой массы трав:	$\text{КДК, \%} = 6,89 + 0,50 \text{ НДК.}$
для бобового фуража:	$\text{КДК, \%} = 0,73 + 0,82 \text{ НДК.}$

Количественно КДК достаточно хорошо коррелирует с содержанием энергии в корме, поэтому этот параметр иногда используют в формулах регрессии для расчета переваримой энергии.

Исходя из научного обоснования нормирование клетчатки для жвачных животных целесообразно осуществлять по НДК, так как она включает в себя все фракции структурных углеводов – лигнин, целлюлоза, гемицеллюлозы.

Нейтрально-детергентной клетчатке принадлежит важная роль в регуляции потребления корма животными. Чем ниже уровень НДК в корме, тем выше потребление сухого вещества. Минимальный уровень содержания НДК в рационах жвачных по обобщенным экспериментальным данным составляет 35–40 % от сухого вещества рациона и зависит от соотношения НДК объемистых и концентрированных кормов. Например, для высокопродуктивных коров (40 кг молока в день) оптимальное содержание НДК не более 32 %, а для коров с более низкой продуктивностью (20 кг) – не более 44 %.

Показатель НДК рекомендуется использовать для прогнозирования потребления сухого вещества корма жвачными:

$$\text{ПСВ} = 53,71 - 66,3 \times \text{НДК},$$

где ПСВ - потребление сухого вещества на 100 кг ЖМ, г; НДК – содержание нейтрально-детергентной клетчатки в корме, %.

С повышением НДК в сухом веществе рациона за счет объемистых кормов минимальный уровень ее в рационе будет снижаться. Максимальный

уровень НДК в рационе ограничивается минимально допустимым уровнем неструктурных углеводов (БЭВ), который должен составлять не менее 35–40 % от сухого вещества рациона.

При этом БЭВ будут определяться по формуле

$$\text{БЭВ} = \text{СВ} - \text{СП} - \text{СЖ} - \text{НДК} - \text{СЗ},$$

где СВ – сухое вещество; СП – сырой протеин; СЖ – сырой жир; НДК – нейтрально-детергентная клетчатка; СЗ – сырая зола.

Более низкий уровень БЭВ может привести к снижению потребления корма, нарушению процессов пищеварения и микробного синтеза.

На основании проведенных исследований и обобщения научных данных разработаны следующие уравнения регрессии для расчета обменной энергии в кормах с учетом показателя НДК:

$$\text{сено } \text{ОЭ} = 5,884 + 0,002 \times \text{НДК}$$

$$\text{зерно } \text{ОЭ} = 11,691 - 0,004 \times \text{НДК}$$

$$\text{сенаж } \text{ОЭ} = 4,617 - 0,003 \times \text{НДК}$$

$$\text{силос } \text{ОЭ} = 12,246 - 0,051 \times \text{НДК}$$

3.4. Влияние углеводов на пищеварение, обмен веществ и усвояемость питательных веществ кормов

Преобладающей составной частью растительных кормов являются углеводы и по их наличию в кормах судят об углеводной питательности. Эти органические вещества из-за быстрого распада и окисления в организме являются основным энергетическим материалом. Кроме того, они обеспечивают превращения основных метаболитов, которые образуются при распаде белков и жиров.

Углеводы, поступающие в пищеварительный тракт животных, различаются по степени переваримости. Простые сахара и крахмал содержатся в основном в сочных и концентрированных кормах и относятся к легкопереваримым веществам. В определенных условиях они быстро расщепляются амилолитическими ферментами пищеварительного тракта, в форме моносахаридов проходят стенку кишечника и поступают в кровь. В грубых кормах содержится достаточно много сырой клетчатки, которая не может полностью перевариваться за счет пищеварительных ферментов. Расщепляется она в основном в рубце жвачных животных под действием целлюлозолитических ферментов микроорганизмов. Из всех углеводов наибольшее значение в питании моногастричных животных имеет крахмал, а жвачных – клетчатка и сахара.

У сельскохозяйственных животных разных видов процесс углеводного питания осуществляется неодинаково, что связано со строением пищеварительного тракта и характером получаемых кормов.

У свиней углеводистые корма поступают в желудок, слабые сокращения стенок которого не вызывают интенсивного перемешивания содержимого. Химические превращения кормов сводятся в основном к гидролизу углеводов под влиянием растительных ферментов и ферментов слюны. По данным А.В. Квасницкого (1958), в желудке и тонком отделе кишечника свиней расщепляется и всасывается в форме глюкозы до 85 % углеводов, в толстом – 10–15 %.

У лошадей процесс расщепления и всасывания углеводов в желудке и тонком кишечнике похож на процесс у свиней. Однако у лошадей более объемистый толстый отдел кишечника, где под влиянием ферментов микроорганизмов переваривается клетчатка, образуя органические кислоты, которые после всасывания принимают участие в обмене веществ.

У жвачных переваривание углеводов под влиянием ферментов пищеварительных желез имеет второстепенное значение. Прежде чем поступить в сычуг, углеводы в преджелудках подвергаются интенсивному сбраживанию под действием микрофлоры. При этом образуются летучие жирные кислоты и только одна из них – пропионовая – снова превращается в глюкозу. В сутки в рубце образуется более 3 кг летучих жирных кислот, в том числе уксусной кислоты – от 870 до 1650 г, пропионовой – от 340 до 1160 г и масляной – от 240 до 450 г (Курилов, Кроткова, 1971). По данным С. Я. Зафрена (1977), муравьиная кислота постоянно присутствует в преджелудках жвачных животных. В сутки ее образуется до 600 г.

В рационах жвачных животных корма, богатые легкопереваримыми углеводами, служат не только источником питательных веществ и энергии, но и обеспечивают нормальную переваримость кормов с высоким содержанием клетчатки, протеина и небелковых азотистых веществ. Степень использования питательных веществ и оптимальные уровни легкопереваримых углеводов определяются также и соотношением в рационе сахаров и протеина.

Благоприятное влияние легкопереваримых углеводов осуществляется лишь тогда, когда животные получают их в оптимальных количествах. Избыточное поступление сахаров в пищеварительный тракт жвачных может привести к тяжелому расстройству обмена веществ, а часто – и к гибели животных.

3.5. Взаимосвязь углеводов с другими факторами питания. Формы проявления недостаточности и несбалансированности рационов по углеводам

В зависимости от уровня и напряженности обмена веществ, от обеспечения организма животного аминокислотами, минеральными веществами и витаминами необходимо, чтобы с кормами в организм поступали определенные формы углеводов.

Жвачные животные нуждаются в углеводах не только как в источнике энергии и веществах для обменных превращений, но и для нормального функционирования микрофлоры рубца.

Микрофлора рубца жвачных животных чувствительна к форме поступающих углеводов, так как от этого зависят ее состав, активность, количество и состав продуктов брожения. Кроме того, например, у моногастричных животных замена в рационе труднорастворимых углеводов легкоусвояемыми приводит к повышению потребности в витаминах комплекса В и незаменимых аминокислотах.

Содержащиеся в кормах углеводы необходимы животным как источник энергии и определяют уровень энергетического питания. При окислении 1 г углеводов в организме выделяется в среднем 17,2 кДж энергии. Энергетические углеводы в организме окисляются до диоксида углерода и воды с выделением энергии, которая необходима для поддержания нормальной температуры тела, работы мышц и функционирования внутренних органов.

Они влияют на интенсивность обмена жиров и белков. Излишнее количество углеводов кормов, поступивших в организм животного, откладывается в виде гликогена и жира. Таким образом, углеводы в виде гликогена и жира служат резервными веществами в теле животных. Отложение жира за счет углеводов, как, например, у свиней, является генетическим признаком.

При откорме крупного рогатого скота, овец и других видов животных с целью получения жирного мяса необходимо, чтобы в корм входило избыточное количество углеводов.

Углеводы необходимы также для работы мышц и тканевого дыхания клеток, причем освободившаяся при их окислении до диоксида углерода и воды энергия обеспечивает процессы мышечного сокращения. При мышечной работе содержание глюкозы в крови и гликогена в мышцах понижается. Любое понижение глюкозы в крови вызывает расщепление гликогена в печени. И этот процесс продолжается до тех пор, пока содержание глюкозы в крови не дойдет до нормального уровня.

Лактоза, манноза, галактоза, раффиноза, рибоза и другие углеводы как структурный материал входят в состав клеток, органов и тканей. Они принимают участие в синтезе аминокислот в организме, способствуют повышению в 2 раза усвоения кальция корма, ускоряют процессы окостенения костной ткани и принимают участие в передаче генотипа. Скармливание кормов, содержащих структурные углеводы, особенно полезно молодняку, беременным и лактирующим животным, у которых минерализация костяка и образование кальциевых соединений в молоке имеют первостепенное значение. Длительное кормление животных рационами с недостаточным количеством структурных углеводов сопровождается задержкой роста, снижением молочной продуктивности и увеличением костных заболеваний.

Для жвачных животных углеводы нужны для обеспечения жизнедеятельности микрофлоры рубца (микроорганизмов, инфузории, простейших), которая зависит от углеводного состава рациона и требует разных форм углеводов – иногда легко- и быстроусвояемых и интенсивно ферментируемых, таких как сахар и крахмал, а иногда, наоборот, с умеренной скоростью усвояемости или трудноусвояемых, таких как клетчатка, декстрин, инулин. Например, для усиления микробного синтеза аминокислот и витаминов группы В и К в рубце жвачных требуются сахара корма, а для синтеза летучих жирных кислот, являющихся предшественниками жира молока, требуется клетчатка. Поэтому при нормировании углеводного питания жвачных животных особое внимание обращают на регулирование содержания в кормовых рационах сахаров и клетчатки.

Благодаря микробной ферментации жвачные наиболее эффективно переваривают клетчатку. Последняя имеет значение для них не только как питательный субстрат, но и как объемистая, медленно перевариваемая часть корма, необходимая для обеспечения нормальной моторики желудочно-кишечного тракта и сортирующей роли сетки. Уровень клетчатки в корме влияет на переваримость других питательных веществ рациона. Как недостаток, так и избыток этого полисахарида ведет к нарушению пищеварения и снижению переваримости питательных веществ. По мнению некоторых авторов, у коров, получающих рационы с недостаточным количеством грубых кормов, снижается молочная продуктивность и содержание жира в молоке. Это происходит из-за уменьшения концентрации уксусной кислоты в рубце, т.к. клетчатка участвует в синтезе этой кислоты.

Особенно необходима клетчатка в полной мере для дойных коров в летний пастбищный период. Недостаток клетчатки в молодой траве повсеместно является главной причиной снижения жирности молока в первые 3–5 недель пребывания животных на пастбище. Лишь по мере вегетации растений, когда содержание клетчатки в них достигнет 22–23 %, жирность молока восстанавливается. Но если дополнительно к зеленому корму в течение двух недель после выгона животных на пастбище давать коровам грубый корм хорошего качества (например, сено), то жирность молока удерживается на исходном уровне. Поэтому в хозяйстве необходимо иметь запас хорошего грубого корма на первый период пастбищного содержания коров.

Важную функцию по поддержанию генетически обусловленного уровня жирности молока коров выполняет не сама клетчатка рациона, а продукты ее микробного расщепления в преджелудках животного. Образующиеся при этом уксусная, пропионовая и масляная кислоты, всасываясь в кровь, поступают в молочную железу, где и участвуют в синтезе примерно половины всего молочного жира. Следует подчеркнуть, что участие этих кислот в биосинтезе молочного жира возможно лишь в том случае, если они образуются в пропорции примерно 3:1:1. Это значит, что на

3 части уксусной кислоты должно приходиться по 1 части пропионовой и молочной кислот. Такое соотношение кислот у лактирующих животных достигается лишь при оптимальном уровне сырой клетчатки в рационе – 20–25 % от сухого вещества корма.

Когда в кормах рациона недостает клетчатки, тормозится выделение у животных слюны, которая обычно снижает кислотность в рубце. А закисление содержимого рубца приводит к уменьшению размножения и ослаблению активности микрофлоры, расщепляющей клетчатку, и, как следствие, снижается образование в рубце уксусной кислоты – основного источника молочного жира.

У животных с однокамерным желудком (свиней, лошадей и др.), а также птицы и плотоядных животных клетчатка обеспечивает моторику (перистальтику) кишечного тракта. Недостаток сырой клетчатки в кормах рациона нежвачных животных ведет к желудочно-кишечным заболеваниям, а недостаток клетчатки, например в рационах супоросных маток, приводит к агалактии после опороса, т.е. недостатку молока и сокращению его выработки.

3.6. Особенности углеводной питательности кормов для животных разных видов

Углеводное питание – это обеспечение специфических потребностей организма животных в углеводах и восполнение их запасов, истраченных в процессе обмена веществ, за счет углеводов кормов. Эти органические вещества вследствие их быстрой способности к распаду и окислению являются основным энергетическим материалом. Кроме того, они обеспечивают нормальное превращение основных метаболитов, образующихся при распаде белков и жиров.

Углеводы, поступающие в пищеварительный тракт животных, различаются по степени переваримости. Простые сахара и крахмал содержатся в основном в сочных и концентрированных кормах и относятся к легкопереваримым веществам. В определенных условиях они быстро расщепляются амилалитическими ферментами пищеварительного тракта, в форме моносахаридов проходят стенку кишечника и поступают в кровь. В грубых кормах содержится достаточно много сырой клетчатки, которая не может полностью перевариваться за счет пищеварительных ферментов. Расщепляется она в основном в рубце жвачных животных под действием целлюлозолитических ферментов микроорганизмов. Из всех углеводов наибольшее значение в питании моногастричных животных имеет крахмал, а для жвачных — клетчатка и сахара.

У сельскохозяйственных животных разных видов процесс углеводного питания осуществляется неодинаково, что связано со строением пищеварительного тракта и характером получаемых кормов. У свиней углеводистые корма поступают в желудок, слабые сокращения стенок которого не вызывают интенсивного перемешивания химуса. Химические

превращения кормов сводятся в основном к гидролизу углеводов под влиянием растительных ферментов и ферментов слюны. По данным А.В. Квасницкого, в желудке и тонком отделе кишечника свиней расщепляется и всасывается в форме глюкозы до 85 % углеводов, в толстом – 10–15 %.

У лошадей процесс расщепления и всасывания углеводов в желудке и тонком кишечнике схож с таковым у свиней. Однако у лошадей более объемистый толстый отдел кишечника, где под влиянием ферментов микроорганизмов переваривается клетчатка, образуя органические кислоты, которые после всасывания принимают участие в обмене веществ.

У жвачных переваривание углеводов под влиянием ферментов пищеварительных желез имеет второстепенное значение. Прежде чем поступить в сычуг, углеводы в преджелудках подвергаются интенсивному сбраживанию под действием микрофлоры. При этом образуются летучие жирные кислоты и только одна из них – пропионовая – снова превращается в глюкозу. В сутки в рубце образуется более 3 кг ЛЖК, в том числе уксусной кислоты – от 870 до 1650 г, пропионовой – от 340 до 1160 г и масляной – от 240 до 450 г (Курилов, Кроткова, 1971). По данным С.Я. Зафрена (1977), муравьиная кислота постоянно присутствует в преджелудках жвачных животных, в сутки ее образуется до 600 г.

В рационах жвачных корма, богатые легкопереваримыми углеводами, служат не только источником питательных веществ и энергии, но и обеспечивают нормальную переваримость кормов с высоким содержанием клетчатки, протеина и небелковых азотистых веществ. Степень использования питательных веществ и оптимальные уровни легкопереваримых углеводов определяются также соотношением в рационе сахара и протеина.

Благоприятное влияние легкопереваримых углеводов осуществляется лишь тогда, когда животные получают их в оптимальных количествах. Избыточное поступление сахаров в пищеварительный тракт жвачных может привести к тяжелому расстройству обмена веществ, а часто — и к гибели животных.

3.7. Последствия несбалансированности рационов по углеводам

Углеводы – наиболее преобладающая часть растений. На их долю приходится более 2/3 органического вещества. В процессе превращения они обеспечивают все живые клетки энергией, участвуют в защитных реакциях организма. Углеводы поступают в желудок животных в виде сахаров, крахмала, гемицеллюлозы, целлюлозы и некоторых других соединений.

Недостаток сахаров и крахмала в рационах животных приводит к нарушениям процессов пищеварения и углеводно-жирового обмена в организме животных. В рубце жвачных при этом примерно вдвое увеличивается образование масляной кислоты и значительно уменьшается количество пропионовой, появляются изовалериановая и пировиноградные

кислоты. В крови и молоке накапливаются кетоновые тела и недоокисленные продукты. Вследствие этого снижается щелочной резерв крови, что приводит к ацидозу, деминерализации костяка, дистрофическим изменениям в печени, почках, сердечной мышце, поперечнополосатых мышцах, яичниках и эндокринных железах. Наблюдается плохое рассасывание желтых тел, способствующее образованию кист в яичниках, что снижает оплодотворяемость.

Длительное нарушение сахаропротеинового соотношения в рационах стельных коров приводит к рождению физиологически незрелых телят – у новорожденных отсутствует сосательный рефлекс, и к более частым заболеваниям телят добавляется диспепсия (появляется диарея).

Высокое потребление жиров при углеводном голодании приводит к повышенному распаду жирных кислот в печени с образованием избыточных количеств ацетоуксусной кислоты, ацетона и бетаоксимасляной кислоты. В результате в организме может возникнуть кетоз.

Наряду с нормированием углеводного и протеинового питания жвачных животных особое внимание обращают на регулирование содержания в кормовых рационах сахаров и клетчатки. Недостаток в кормах этих углеводов, например у дойных коров, ведет к снижению синтеза аминокислот и витаминов в организме и катастрофическому падению жирности молока.

Когда в кормах рациона недостает клетчатки, то у животных уменьшается выделение слюны, которая обычно снижает кислотность в рубце, что приводит к уменьшению количества и ослаблению активности микрофлоры, расщепляющей клетчатку, и, как следствие, к образованию в рубце большого количества уксусной кислоты.

Нежелателен как недостаток, так и избыток клетчатки. При ее избытке рационы трудно сбалансировать по энергии, а это приводит к снижению продуктивности коров. Недостаточный уровень клетчатки в сухом веществе рациона приводит к снижению содержания жира в молоке.

Понижение жирности молока чаще всего наблюдается при кормлении коров по рационам, в структуре которых грубые корма, богатые клетчаткой, составляют менее одной трети переваримого сухого вещества.

Скармливание кормов, содержащих структурные углеводы, особенно полезно молодняку, беременным и лактирующим животным, у которых минерализация костяка и образование кальциевых соединений в молоке имеют первостепенное значение. Длительное кормление животных рационами с недостаточным количеством структурных углеводов сопровождается задержкой роста, снижением молочной продуктивности и увеличением костных заболеваний.

4. ЛИПИДЫ КОРМОВ И ПРОБЛЕМЫ ПОЛНОЦЕННОГО ЛИПИДНОГО ПИТАНИЯ

4.1. Липиды, их состав и значение в питании животных

Липидная питательность кормов определяется содержанием *сырого жира*. К данной группе относятся вещества, различные по своей химической природе, которые могут быть разделены на три группы: липиды, стерины и красящие вещества.

Липиды – это широко распространенные в природе органические вещества, неотъемлемые компоненты живых клеток, тканей и жидкостей организма. Они, как правило, не растворимы в воде, характеризуются различной растворимостью в органических растворителях, таких как эфир, хлороформ или бензол.

Под термин липиды попадает большое количество веществ, в том числе такие, которые обычно причисляют к другим классам соединений: например, жирорастворимые витамины и их производные, каротиноиды, высшие углеводороды и спирты. Включение всех этих веществ в число липидов в известной степени оправдано, потому что в живых организмах они находятся вместе с липидами и вместе с ними экстрагируются (извлекаются из различных материалов) неполярными растворителями. С другой стороны, имеются представители липидов, которые довольно хорошо растворяются в воде, например, лизолецитины.

Липиды играют важнейшую роль в процессах жизнедеятельности. В живых организмах липиды выполняют ряд важных функций: входят в структуру мембран, составляют основу нервной ткани, аккумулируют и депонируют энергию, выполняют защитную роль, входя в состав наружного покрова животных, составляют основу ряда биологически активных веществ – гормонов, витаминов или непосредственно являются ими, служат источниками незаменимых жирных кислот. Кроме этого, липиды способствуют всасыванию, транспорту и депонированию жирорастворимых витаминов.

Будучи одним из основных компонентов биологических мембран, липиды влияют на их проницаемость, участвуют в передаче нервного импульса, создании межклеточных контактов.

Липидам присуще азотсберегающее свойство, в основе которого лежит уменьшение использования аминокислот для удовлетворения потребности организма в энергии.

Липиды по их функциям в организме условно делят на две группы – *структурные* (протоплазматические) и *запасные* (резервные).

Структурные (протоплазматические) *липиды*, в первую очередь фосфолипиды и холестерин, образуют сложные комплексы с белками – липопротеиды, углеводами, из которых построены мембраны клеток и клеточных структур, и участвуют в разнообразных сложных процессах,

протекающих в клетках. Фосфолипиды вместе с белками и углеводами участвуют в построении клеточных мембран и субклеточных структур (органелл), выполняют роль несущих конструкций мембран, они регулируют поступление в клетку и ее структуры разнообразных соединений.

Запасные (резервные) *липиды*, в основном жиры (триглицериды), обладая высокой калорийностью, являются энергетическим и строительным резервом организма, который используется им при недостатке питания и заболеваниях. Высокая калорийность жира позволяет организму в экстремальных ситуациях существовать за счет его запасов («жировых депо») в течение нескольких недель. До 90 % всех видов растений содержат запасные липиды главным образом в семенах. Запасные липиды являются защитными веществами, помогающими растению переносить неблагоприятное воздействие внешней среды, например, низкие температуры. Запасные липиды животных, концентрируясь в подкожной жировой ткани, защищают организм от травм и переохлаждения.

Липиды бывают простые и сложные. *Простые липиды* содержат углерод, водород, кислород и нейтральные жиры (истинный жир), а *сложные* (липоиды) – азот и фосфор, помимо углерода, водорода и кислорода.

Из *простых* липидов наиболее распространенными являются триглицериды, часто называемые нейтральными жирами или просто жирами. Нейтральные жиры находятся в организме либо в форме протоплазматического жира, являющегося структурным компонентом клеток, либо в форме запасного, резервного, жира. Протоплазматический жир имеет постоянный химический состав и содержится в тканях в определенном количестве, не изменяющемся даже при патологическом ожирении, в то время как количество резервного жира подвергается большим колебаниям.

В группу *липоидов* входят главным образом жироподобные вещества: фосфолипиды (фосфатиды), стероиды (стероны), гликолипиды, сульфоллипиды, каротиноиды, хлорофилл и др.

Липиды *по своему происхождению* можно распределить на *животные жиры*, в состав которых входят в основном высокомолекулярные жирные кислоты с точкой плавления выше +16 °С, и *масла* растительного происхождения с содержанием низкомолекулярных насыщенных и ненасыщенных жирных кислот.

Липиды находятся во всех кормах растительного, животного и микробного происхождения в форме запасных липидов и протоплазматических липидов, входящих в состав клеточных структур, главным образом мембран различных органелл. Содержание протоплазматических липидов, например в зеленых кормах, может достигнуть 1,5 % сырой массы, а содержание запасного жира в злаковых зерновых кормах – 3 %.

Предшественники и производные липидов – жирные кислоты, глицерол, стеролы и прочие спирты, альдегиды жирных кислот, углеводороды, жирорастворимые витамины и гормоны.

Жиры (истинные или нейтральные) отличаются высоким содержанием энергии: в 1 кг кормового животного жира в среднем содержится 36,42 МДж обменной энергии (для свиней и птиц). Энергетическая ценность жиров для жвачных животных на 7–8 % ниже. В 1 кг растительного жира содержится 35,8 МДж обменной энергии. Жиры содержат в 2,3 раза больше энергии, чем углеводы и белки. Переваримость жиров животными высокая и зависит от их структуры, жирнокислотного состава и ряда других факторов.

Наряду с высокой энергетической ценностью жиры являются источниками жирных кислот. Из природных липидов выделено около 200 различных жирных кислот.

Жирные кислоты – это строительные блоки в структуре нейтральных жиров и масел, фосфоглицеридов, гликолипидов, эфиров холестерина и некоторых восков. В углеродной цепи жирных кислот все связи могут быть насыщенными или ненасыщенными.

По значению в питании животных ненасыщенные жирные кислоты делятся на заменимые и незаменимые. *Незаменимые* – это полиненасыщенные жирные кислоты, необходимые для поддержания нормальной физиологической деятельности животного. К незаменимым жирным кислотам относят линолевую, линоленовую и арахидоновую кислоты. Однако установлено, что в организме животных из линолевой кислоты могут синтезироваться линоленовая и арахидоновая кислоты.

Линолевая кислота обладает исключительно высокой биологической активностью в организме. Объясняется это тем, что она является предшественником *простагландинов* – гормоноподобных веществ, которые синтезируются почти во всех тканях организма и участвуют в регуляции кровяного давления, сокращениях матки при беременности и ряде других физиологических процессов.

Недостаток *ненасыщенных* высокомолекулярных жирных кислот (жирные кислоты, имеющие в своем составе двойные и иногда тройные связи) в рационе снижает скорость роста, ухудшает продуктивность, вызывает заболевания кожи и многие другие изменения. В организме животных данные кислоты выполняют двоякую функцию: входят в состав фосфолипидов мембран и являются субстратами для синтеза как минимум четырех семейств метаболических регуляторов – простагландинов, простациклинов, тромбоксанов и лейкотриенов. Наряду с выполнением других функций они изменяют давление крови, функцию свертываемости и активность иммунных реакций.

Следует отметить, что избыток мононенасыщенных жирных кислот с длинными углеродными цепями оказывают токсическое действие на организм. В связи с этим следует особо отметить эруковую и цетолеиновую кислоты, содержащиеся в рапсовом масле и рыбьем жире. Они вызывают

жироотложение в сердечной мышце, что впоследствии способствует ее постоянному разрушению.

Необходимо учитывать, что жиры кормов, вследствие особенностей их химического состава, под влиянием кислорода воздуха, света, воды, а также при участии ряда растительных ферментов, в процессе хранения подвергаются окислительному разрушению (прогорканию), что приводит к накоплению в них вредных продуктов – перекисей, кетонов, альдегидов и других веществ. Окисление ухудшает органолептические свойства, снижает биологическую ценность жиров, а корма становятся почти несъедобными, в некоторых случаях даже вредными.

Продукты окислительной порчи жиров обладают токсическими свойствами, особенно для моногастричных и молодняка всех видов животных. Скармливание прогорклых жиров приводит к угнетению роста и токсикозам, проявляющимся в виде диареи, поражения печени, энцефаломалации.

В связи с этим для продолжительного хранения кормовых жиров и кормов с повышенным их содержанием необходимо создавать герметичные условия, а также вводить в их состав антиоксиданты – вещества различной химической природы, которые при добавлении к жирам предохраняют их от прогоркания.

Под влиянием антиоксидантов происходит торможение процессов окисления в жирах, что предупреждает или резко задерживает образование токсических продуктов.

Антиоксиданты добавляют не только в чистые жиры, но и в корма, содержащие жиры, в частности, в рыбную и мясокостную муку, комбикорма, травяные гранулы и другие кормосмеси.

В качестве антиоксидантов используют сантохин, дилудин, бутилокситолуол, бутилоксианизол и другие химические соединения. Эти препараты вносят в дозе 150–300 г на одну тонну жира или комбикорма.

При современной системе ведения животноводства жиры высокой плотности имеют большие преимущества в питании животных. Например, увеличением содержания жира в рационах поросят можно улучшить их аппетит и устранить другие побочные эффекты селекции, направленной на получение постных туш. Скармливание высокопродуктивным коровам защищенных жиров способствует поддержанию их энергетического статуса и повышению содержания жира в молоке.

Воски входят в группу *простых липидов* и представляют собой жироподобные вещества. В отличие от жиров и фосфатидов – сложных эфиров трехатомного спирта глицерина и высших жирных кислот, воски состоят главным образом из сложных эфиров высокомолекулярных одноатомных спиртов (цитилового, триаконтового) и жирных кислот различной молекулярной массы, а также углеводов, красящих и ароматических веществ, свободных органических кислот (церотиновая и др.), спиртов и др.

Воски покрывают тонким слоем листья, стебли, плоды всех зеленых кормовых культур, предохраняя их от смачивания водой, высыхания и поражения микроорганизмами, что имеет особое значение в сохранении растительных кормов. Корма с обширными поражениями воскового налета быстро загнивают, так как открывается доступ для жизнедеятельности эпифитной микрофлоры. Последнее обстоятельство имеет определенное значение в получении высококачественных силосов. Поэтому силос из скошенной зеленой травы, подвергнутой воздействию дождей, со многими механическими повреждениями, приводящими к разрушению естественного воскового налета, получается недоброкачественным. Воски содержатся, как правило, в кормах растительного происхождения, и их почти нет в кормах животного и микробного происхождения. Много восков в кормовых отходах от переработки различных плодов, особенно в виноградных выжимках.

К сложным липидам (липоидам) относят группу веществ – *фосфолипиды (фосфатиды)* – которые отличаются от истинных жиров тем, что в их состав входят глицерин, высокомолекулярные жирные кислоты, фосфорная кислота и азотсодержащие соединения – серин, холин, этаноламин. Фосфолипиды отличаются от жиров большей реакционной способностью, наличием в их структуре фосфорной кислоты. Это самые подвижные липиды в биохимическом отношении.

Фосфолипиды содержатся во всех природных кормах, особенно много их в отходах от переработки семян масличных и бобовых культур. Среднее содержание фосфолипидов в сухом веществе зерновых кормов злаковых культур (кукуруза, рожь, пшеница) колеблется от 0,2 до 0,6 %, в кормах из семян бобовых (соя, люпин, горох) – от 1 до 2,2, в семенах подсолнечника – от 0,7 до 0,8, а в семенах хлопчатника – от 1,7 до 1,8 %.

В зависимости от химической природы веществ, главным образом азотсодержащих, входящих в молекулу фосфатидов, различают холинфосфатиды (лецитины), содержащие холин; коломинфосфатиды (кефалин), содержащие в молекуле коламин (этанолламин); серинфосфатиды, включающие аминокислоту серин, и инозитфосфатиды, содержащие инозит.

В соевых и кукурузных кормах, а также дрожжах содержится фосфолипид, содержащий миоинозит, который с молекулами фосфорной кислоты образует инозитфосфорную кислоту, а ее соли называются фитинами. Особенно много фитина в отрубях, хлопковом жмыхе и в одноклеточной зеленой водоросли хлорелле.

Стероиды – жироподобные вещества, содержащие в своем составе циклопентанопергидрофенантрен и высокомолекулярные жирные кислоты, чаще пальмитиновую; находятся во всех кормах растительного, животного и микробного происхождения.

К стероидам относятся стеролы, стероидные гормоны, желчные кислоты и спирты, сапонины и другие соединения. Стеролы имеют особое значение в клеточном обмене животных. Главный представитель стеролов в кормах – эргостерол, которого сравнительно много в кормовых дрожжах и

зерновых кормах. При ультрафиолетовом облучении кормов из эргостерола образуются витамины группы D. Стероид стигмастерол присутствует в соевых кормах и капустных листьях.

Количество стероидов в кормах различное: больше всего их в кормовых дрожжах – до 2 %, в зерне пшеницы – 0,03–0,07, в зерне кукурузы – 1,0–1,3, зеленых кормах – 0,05–0,18 % от сухого вещества. Значительное количество эргостерола содержат кормовые отходы производства антибиотиков.

Стерины – производные стероидов. По источникам получения стерины можно разделить на: зоостерины, содержащиеся в кормах животного происхождения, фитостерины – в растениях и микостерины – в грибах.

Наиболее изученные биохимические функции стеринов – превращение холестерина в стероидные гормоны и эргостерина – в витамины группы D под действием ультрафиолетового света. Стерины входят в состав биологических мембран как их структурные компоненты. Доступные стерины (холестерин, эргостерин, β-ситостерин) используются как сырье для промышленного получения стероидных гормонов и витаминов группы D.

В группу **сырого жира** входят красящие вещества – *каротиноиды*, *хлорофилл* и др.

Каротиноиды – жироподобные вещества, имеющие желтый или оранжевый цвет. Наиболее распространенными каротиноидами кормов являются каротин и лютеин, содержащиеся в зеленых кормах. Они находятся и в кормах животного происхождения, но, как правило, в очень небольшой концентрации. Группа каротиноидов включает в себя около 70 природных пигментов, содержание которых в зеленых кормах достигает 0,2 % от сухого вещества. Главный каротиноид в кормах – каротин, являющийся в организме животных провитамином А.

Хлорофилл и другие жироподобные вещества. Хлорофиллы – вещества, придающие зеленую окраску растениям. Они имеют большое значение в процессах фотосинтеза. В состав хлорофиллов входит фитол, производное углеводорода изопрена. Содержащиеся в растительных кормах фитол, каротиноиды, терпены, стероиды, витамины Е и К и другие вещества аналогичной структуры представляют собой изопреноиды.

К группе жироподобных веществ, содержащихся в кормах, относятся свободные высокомолекулярные жирные кислоты, гликолипиды, сульфолпиды. Гликолипиды в своем составе содержат глицерин, линолевую кислоту, а также остатки сахаров – галактозу. К сульфолпидам относятся вещества, в структуре которых имеются глицерин, остатки жирных кислот и сульфоглюкозы. Сульфолпидов сравнительно много в кормах, приготовленных с использованием водорослей, особенно хлореллы.

В зоотехническом анализе кормов липиды определяют как эфирный экстракт. В большинстве кормов в эту вытяжку входят преимущественно нейтральные (истинные) жиры, т.е. соединения глицерина с жирными кислотами, что позволяет эфирную вытяжку отождествлять с жиром, а смесь

растворенных и извлекаемых при обработке корма эфиром называть сырым жиром. В настоящее время в практике кормления животных липидная питательность кормов характеризуется содержанием в кормах сырого жира и жирных кислот.

Богаты сырым жиром зерно сои 14–15 %, кукурузы – 4–4,5, овса – 4, а также жмыхи – 7–10, рыбная мука – 10–11, мясокостная мука – 11–15 % и др. Мало сырого жира содержится в корнеклубнеплодах – 0,1–0,2 %, зеленой траве – 0,5–2,0 % и др.

4.2. Заменяемые и незаменимые жирные кислоты

Наряду с высокой энергетической ценностью жиры являются источниками жирных кислот. В природе обнаружено свыше 200 жирных кислот, однако в тканях животных в составе простых и сложных липидов найдено их около 70, причем более половины в незначительных количествах. Практически значительное распространение имеют немногим более 20 жирных кислот.

Жирные кислоты – алифатические одноосновные карбоновые кислоты с открытой цепью, содержащиеся в этерифицированной форме в жирах, маслах и восках растительного и животного происхождения. Жирные кислоты, как правило, содержат неразветвленную цепь из четного числа атомов углерода (от 4 до 24, включая карбоксильную) и могут быть как насыщенными, так и ненасыщенными.

Насыщенные жирные кислоты содержатся в жирах животного происхождения. Они обладают невысокой биологической активностью и могут оказывать отрицательное действие на жировой и холестеринный обмен. К насыщенным кислотам, содержащимся в липидах, относятся пальмитиновая, стеариновая, миристиновая, арахидоновая, бегеновая и др. (таблица 4.1).

Таблица 4.1. Физико-химические характеристики некоторых жиров, %
(по данным Л.П. Беззубого)

Показатель	Масло			Жир		
	кукурузное	подсолнечное	льняное	говяжий	бараний	свиной
<i>Пальмитиновая</i>	8-11	3,5-6,4		27-29	25-27	25-32
<i>Стеариновая</i>	2,5-4,5	1,5-4,6	9-11	24-29	25-31	8-16
<i>Миристиновая</i>	Нет	До 0,1	-	2-2,5	2-4,6	До 1
<i>Арахидоновая</i>	0,3-0,4	0,7-0,4	-	-	-	-
Олеиновая	37-40	25-42	13-29	43-44	36-43	34-44
Линолевая	43-47	46-60	15-30	2-5	3-4,5	3-8
Линоленовая	1,2-1,8	-	41-60	0,2-0,6	-	до 0,8
Плотность	0,925	0,925	0,930	0,940	0,950	0,920
Температура, °С:						
застывания	-10... -20	-16... -18	-18...-27	+30...+38	+32...+45	+28...+32
плавления	-	-	-	+40...+50	+44...+45	+28...+40
Йодное число	111-133	119-144	170-210	32-47	31-46	46-66

По значению в питании животных *ненасыщенные* жирные кислоты делят на: *заменяемые* и *незаменяемые*. **Незаменяемые** жирные кислоты *обязательно должны поступать в рацион с кормом*, к ним относятся всего две кислоты – линолевая и линоленовая, из которых в организме животного синтезируются еще три. Из линоленовой кислоты образуются эйкозапентаеновая и докозагексаеновая кислоты, которые обладают очень сильными и многообразными биологическими свойствами. Арахидоновая жирная кислота, обладающая наибольшей активностью, почти не содержится ни в одном продукте и может синтезироваться в организме из линолевой кислоты в присутствии витамина пиридоксина (таблица 4.2).

Таблица 4.2. Содержание преобладающих жирных кислот в кормах (А.А. Алиев, 1980)

Корма	Кислоты					
	пальми- тиновая	пальмито- олеиновая	стеари- новая	олеи- новая	лино- левая	лино- леновая
Кукуруза	0,60	–	0,10	0,16	1,78	0,09
Пшеница	0,32	0,01	0,02	0,29	0,58	0,07
Ячмень	0,50	0,02	0,03	0,14	0,24	0,08
Овес	0,95	0,04	0,06	1,63	1,49	0,09
Сорго	0,53	0,14	0,03	0,84	1,07	0,05
Сено злаково-разнотравное	0,42	0,02	0,09	0,14	0,12	0,29
Сенаж овсяно-гороховый	0,50	0,01	0,12	0,19	0,31	0,53
Силос разнотравный	0,52	0,01	0,14	0,23	0,32	0,49
Мука люцерновая	0,63	0,05	0,11	0,14	0,52	1,29
Мука рыбная	2,81	1,23	0,45	0,53	0,11	0,06
Мука арахисовая	1,32	0,07	1,37	3,99	1,85	0,22
Бобы соевые	2,47	0,09	0,28	4,74	7,88	1,76
Жмых соевый (44 % прот.)	0,22		0,04	1,12	0,54	0,03
Дрожжи гидролизные	1,38	0,28	0,07	0,38	0,05	–
Жир: говяжий	27,41	4,83	22,60	32,85	2,15	0,54
свиной	22,23	3,53	13,31	44,45	11,29	0,50
бараний	29,68	5,15	31,31	23,01	4,99	0,53
конский	25,00	–	7,00	35,00	7,00	–
куриный	21,40	6,80	5,90	39,40	23,50	1,10
костный (экстракт)	24,49	4,40	16,13	42,88	4,53	0,50
Фосфатиды: льна	11,30	3,50	10,60	33,60	20,60	17,40
подсолнечника	10,40	–	4,30	16,70	68,00	0,80
хлопчатника	22,00	0,95	5,15	18,75	50,60	–
сои	15,00	–	3,85	18,70	47,50	5,00
арахиса	16,20	–	3,00	47,10	22,70	–
Масло: подсолнечное	7,68	0,15	4,49	28,40	58,70	0,21
хлопковое	19,20	0,47	2,76	19,41	58,86	0,59
льняное	5,60	–	5,80	21,50	12,50	54,50
соевое	11,50	–	4,40	27,30	49,70	6,90
арахисовое	11,01	0,51	4,07	39,63	37,86	–
кукурузное	12,00	0,22	0,64	28,92	55,61	0,83
ржи	21,00	–	–	7,00	67,30	8,30
ячменя	22,00	–	–	7,20	70,80	–
овса	15,90	–	–	40,40	43,70	–

Важнейшим биологическим свойством ненасыщенных жирных кислот является их участие в качестве обязательного компонента в образовании структурных элементов (клеточных мембран, миелиновой оболочки нервного волокна, соединительной ткани), а также в таких высокоактивных в биологическом отношении комплексах, как фосфатиды, липопротеиды (белково-липидные комплексы) и др. Эти кислоты не обладают способностью усиливать обменные процессы, однако потребность организма в них очень высокая.

Высокой биологической активностью жирных кислот обладают подсолнечное, соевое, кукурузное, льняное и хлопковое масла.

Сравнительно много линолевой кислоты в соевых бобах (1,76 %), люцерновой муке (1,28 %), соевой муке (0,52 %), арахисовой муке (0,22 %), зерне кукурузы и овса (0,09 %), ячмене (0,08 %), а также в растительном масле.

Недостаток незаменимых жирных кислот приводит к нарушению обменных процессов, поражению кожного покрова, понижению естественной резистентности организма к инфекционным болезням, снижению продуктивности и воспроизводительной функции животных и жизнеспособности потомства, к повышению затрат корма на единицу продукции.

Потребность цыплят в линолевой кислоте составляет 0,9–1,8 % от массы рациона. Корма для бройлеров не должны содержать менее 1,1 % линолевой кислоты.

4.3. Формы проявления у животных недостаточности липидов в рационах

Липидный обмен – совокупность непрерывно протекающих химических превращений жиров и жироподобных веществ в организме.

При недостатке жира в рационе у животных происходит усиленный распад жиров и тканевых белков тела, особенно при одновременном недостатке в рационе углеводов, необходимых для окисления кетоновых тел через цикл трикарбоновых кислот. Вследствие нарушения внешней секреции поджелудочной железы часто уменьшается, а иногда полностью прекращается поступление в двенадцатиперстную кишку липазы, фермента, ускоряющего распад жиров. В результате ограничивается или полностью прекращается расщепление жира в кишечнике на глицерин и жирные кислоты. По этой причине значительная часть жира в тонком отделе кишечника не может всосаться и поступает в толстый отдел, а затем выделяется с калом в виде нейтрального жира.

У жвачных животных нарушение жирового обмена может возникнуть при недостаточном расщеплении клетчатки микроорганизмами до летучих жирных кислот – уксусной, масляной, пропионовой и др. Нарушение процесса всасывания отрицательно влияет на обмен веществ не только

потому, что уменьшается количество веществ, богатых энергией, но главным образом вследствие ограниченного или полного прекращения поступления в организм физиологически необходимых жирных кислот, что особенно сказывается на процессах роста и развития молодняка.

На жировой обмен существенно влияет недостаток в рационе витаминов, которые принимают участие при эндогенном преобразовании насыщенных жирных кислот в физиологически активные жирные кислоты. Всасывание жиров происходит в нерасщепленном виде в виде эмульсии либо когда они предварительно расщепляются на глицерин и жирные кислоты. В первом случае они поступают в лимфатическую, а во втором – в кровеносную систему. Часто одновременно с увеличением содержания жира в крови наблюдается повышение содержания липидов, таких как фосфатиды и холестерин. Суммарное увеличение веществ в цельной крови, входящих в группу липидов, вызывает липидемию.

У высокопродуктивных коров при обильном кормлении концентратами, а также недокорме происходит неполное окисление жиров. И в крови обнаруживается повышенное количество кетоновых или ацетоновых тел. У здоровых животных можно обнаружить только следы ацетоновых тел. Повышенное содержание кетоновых тел в крови приводит к гиперкетонемии. Их избыток выделяется с мочой, у лактирующих животных – с молоком, а при выраженном кетозе – легкими – при дыхании чувствуется запах фруктов. Гиперкетонемия указывает на то, что промежуточные продукты жирных кислот не успевают полностью окисляться в печени и других тканях и вызывают отравления.

При высоком содержании кетоновых тел в крови возникает ацидоз, нарушается деятельность ферментативных систем, изменяется белковый обмен. Поскольку уксусная кислота и ацетон являются исходным материалом для синтеза холестерина, то при гиперкетонемии наблюдается повышенное содержание холестерина в крови. Кроме того, кетоновые тела оказывают резко угнетающее действие на центральную нервную систему и дыхание.

Одним из основных признаков расстройства обмена липидов в организме является кетоз. К кетозам особенно склонны крупный рогатый скот, овцы.

В связи с тем, что животные не могут синтезировать незаменимые жирные кислоты, они должны получать их с кормом. По этой причине незаменимые жирные кислоты были названы витамином F. Недостаток этих кислот в рационе снижает скорость роста, ухудшает продуктивность, вызывает заболевания кожи и многие другие изменения. В организме животных данные кислоты выполняют двойную функцию: входят в состав фосфолипидов мембран и являются субстратами для синтеза как минимум четырех семейств метаболических регуляторов – простагландинов, простацклинов, тромбоксанов и лейкотриенов. Незаменимые жирные кислоты изменяют давление крови, функцию свертываемости и активность

иммунных реакций. Избыток мононенасыщенных жирных кислот с длинными углеродными цепями оказывают токсическое действие на организм. В связи с этим следует выделить эруковую и цетолеиновую кислоты, содержащиеся в рапсовом масле и рыбьем жире. Они вызывают жиросложение в сердечной мышце, что впоследствии способствует ее постоянному разрушению.

Внешними признаками липидной недостаточности в рационах является появление у животных гиповитаминозов А, D, Е и К, нарушения функций печени, болезни кожи у молодняка, расстройства воспроизводительной функции у взрослых животных.

Появление у животных гиповитаминозов жирорастворимых витаминов, кетозов и других заболеваний на почве недостаточности липидов в кормах рационов ведет к резкому снижению продуктивности животных и птиц, а также падению жирности молока у коров.

4.4. Влияние кормовых жиров на состояние обмена веществ, продуктивность и качество продуктов животноводства

Применение кормовых жиров играет ключевую роль в повышении эффективности животноводства и получении высококачественных мясных и молочных продуктов. Добавление жиров в корма предотвращает нарушение обмена веществ, снижение воспроизводительных функций и потерю живой массы у высокопродуктивных животных. В целях оптимального обеспечения животных разных видов и групп энергией в соответствии с их потребностями используется значительный ряд кормовых жиров и масел.

Сырьем для получения животных жиров служит сало, шкуры, мездра, кости, околопочечный, сердечный и печеночный жир, жировая обреза, жир с желудков, кишок, внутренних органов и др.

Кормовые масла получают при переработке растительных масел.

Следует отметить, что наибольшую ценность представляют птичий, говяжий, костный и рыбий жиры, кормовое сало и кормовое растительное масло. Высокая биологическая ценность кормовых жиров животного происхождения определяет их особую ценность в кормовой цепи для скота и птицы.

Жвачные животные плохо реагируют на жиры с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот. Это объясняется тем, что жиры, содержащие эти кислоты, угнетают обмен веществ в рубце, снижают переваримость целлюлозы и углеводов и уменьшают образование уксусной кислоты.

Непригодны для скармливания соевое, подсолнечное и кукурузное масла. Они отрицательно влияют на ферментацию в рубце. Поэтому животные жиры предпочтительнее растительных масел.

Для высокопродуктивных коров в первые 2–3 месяца лактации, с целью повышения энергетической полноценности рациона, целесообразно вводить добавки жира в количестве 0,4–0,5 кг в сутки.

Содержание жира в 1 кг сухого вещества рациона коров должно находиться в пределах 3–5 % в зависимости от продуктивности. При избытке жира в рационе ухудшается всасывание кальция, что связано с образованием плохо усвояемых соединений с жирными кислотами. Увеличение жира в рационе свыше 6 % на 1 кг сухого вещества неблагоприятно сказывается на рубцовом пищеварении, может уменьшить потребление корма, снизить содержание жира и белка в молоке, а также вызвать понос.

Использование стабилизированных жиров животного происхождения для откорма крупного и мелкого рогатого скота в значительной степени уменьшает расход зерна, сокращает сроки откорма, повышает прирост и рост животных, чем и достигается высокий экономический эффект. Оптимальная доза включения жира в рационы откармливаемого крупного рогатого скота составляет 4-7 % сухого вещества корма с учетом характера рациона и содержания липидов в самих кормах, а в рационы мелкого рогатого скота – 5–8 %, так как у овец потребность в жире больше, чем у крупного рогатого скота.

Важным критерием липидного питания птицы является обеспечение незаменимыми жирными кислотами, потребность в которых определяется уровнем линолевой кислоты в рационе. Говяжий жир, содержащий мало линоленовой кислоты, следует скармливать в смеси с другими видами жира, лучше всего с птичьим, или включать в рационы, богатые кукурузой, имеющие повышенный уровень линоленовой кислоты. Включение жира в корма птицы значительно повышает продуктивное действие рациона. Несушкам кормовой жир следует скармливать в количестве 3 %.

Цыплятам, которым скармливали кормовые смеси, содержащие от 4,8 до 12 % жира, интенсивность роста была значительно выше, чем у цыплят, не получавших этой добавки. В рацион бройлеров целесообразно включать жиры животного и растительного происхождения в равном сочетании. Во второй период выращивания в рацион бройлеров эффективно вводить 3 % костного жира. Добавление в рацион сельскохозяйственных животных жира обычно повышает резистентность животных и птицы к заболеваниям.

В кормлении птицы используют кормовые жиры животного и растительного происхождения, отвечающие требованиям I сорта.

Жиры, содержащие повышенное количество свободных жирных кислот и перекисей, применять в кормлении птицы, особенно молодняка, нежелательно.

В комбикорма, в составе которых преобладает кукуруза, жиры вводят в меньшем количестве, чем в комбикорма, в составе которых преобладают другие зерновые корма. Следовательно, жиры должны стать неотъемлемым компонентом комбикормов и кормосмеси для птиц.

Усвояемость организмом цыплят различных жиров такова: твердый говяжий жир усваивается на 79 %, кукурузное рафинированное масло – на 97 %, птичий жир – на 94 %.

В кормлении свиней целесообразно использовать животные кормовые жиры. Жиры растительные отрицательно влияют на технологические свойства шпика, поэтому рекомендуется использовать их в кормлении свиней в смеси с животными жирами в соотношении 3:1.

Установлено, что при добавлении в рацион свиньям 2–12 % жира заметно улучшается усвояемость комбикормов в период их откорма. Кроме того, добавление жира супоросным свиноматкам за 5–14 сут. до опороса на 18 % повышает выживаемость поросят.

Однако применение кормовых жиров не повышает содержание жира в туше. Туша свиней содержит в среднем около 23 % жира и 17 % сырого протеина. Таким образом, не рекомендуется в последний период откорма использовать рацион с содержанием обменной энергии на уровне 13,4 МДж в 1 кг сухого вещества и содержанием жира более 6 %.

Основным источником энергии в комбикормах служат зерновые и другие растительные корма, которые не всегда удовлетворяют потребность высокопродуктивных животных и птицы в обменной энергии и жирных кислотах. Поэтому в полнорационные комбикорма в качестве дополнительного источника энергии вводятся жиры и масла, содержащие различные жирные кислоты. Наиболее эффективным и удобным способом скармливания жиров является введение их в состав комбикормов, шротов, травяных гранул и заменителей цельного молока, а также в качестве наполнителя при производстве премиксов.

4.5. Понятие о недоокисленных продуктах обмена жиров

Недоокисленные продукты обмена – это промежуточные продукты (молочная, пировиноградная, ацетоуксусная, β -оксималяная кислоты, ацетон и др.), образующиеся при нарушении обмена белков, жиров и углеводов в организме животного.

В клетках живого организма постоянно проходят процессы окисления (диссимиляции), в результате чего выделяется энергия, заключенная в аденозинтрифосфорной кислоте (АТФ), которая используется на специфическую работу каждой клетки. Окисление в клетке идет двумя путями: ферментативное – биологическое, при котором из одной молекулы глюкозы образуется углекислый газ, вода и 38 молекул АТФ и неферментативное, в результате которого кислород используется свободными радикалами, образуя токсические вещества – перекиси, альдегиды и др., разрушающие мембраны клеток. Освобождение энергии может происходить и в анаэробных условиях (без кислорода), но эффективность его низкая, так как из одной молекулы глюкозы образуются только две молекулы АТФ и недоокисленные продукты обмена – молочная и пировиноградная кислоты.

В последние годы особенно резко изменилось состояние здоровья продуктивных животных. У них регистрируют массовые заболевания

органов воспроизводства, желудочно-кишечного и респираторного трактов, сократились сроки хозяйственного использования, снизилась продуктивность. Высокая продуктивность животных связана с их интенсивным обменом веществ, для поддержания которого необходимо поступление в организм в строго определенных количествах и в оптимальном соотношении всех элементов питания. При недостатке или избытке даже одного из них наступает дисбаланс, что ведет к различным нарушениям.

Очень важная роль в сохранении продуктивного здоровья животных принадлежит микроэлементам. Особенно быстро реагируют на недостаток микроэлементов высокопродуктивные животные. Микроэлементы влияют на обеспеченность организма витаминами. Дефицит микроэлементов приводит к снижению микробиального синтеза витаминов и белков рубцовой микрофлорой.

Глубокие расстройства функций эндокринной системы, нарушение обмена нуклеиновых кислот, синтеза ферментов, активности витаминов в организме продуктивных животных приводят к нарушению всех видов обмена веществ. Нарушается синтез глюкозы и гликогена, происходит усиленный распад жиров, в организме накапливаются недоокисленные продукты обмена – молочная, пировиноградная, ацетоуксусная, β -оксимасляная кислоты, ацетон.

Нарушение обмена веществ у коров в первые недели после отела – процесс практически неизбежный. После отела в организме коровы происходит активизация процессов метаболизма, который сопровождается повышенным расходом обменной энергии. Возможности же желудочно-кишечного тракта в потреблении корма весьма ограничены. Корова в этот период просто физически не может съесть столько корма, чтобы удовлетворить свою потребность в питательных веществах. Выход в этом случае один – взять питательные вещества из резерва, т.е. расходовать жировой запас животного. Однако для расщепления жира также необходима обменная энергия.

В случае отрицательного энергетического баланса глюкоза образуется из запасов организма (глюконеогенез глицерина), происходит мобилизация жирных кислот, что приводит к усилению кетогенной функции печени. Именно глюконеогенез глицерина, поступающего из жировой ткани, провоцирует развитие кетоза: корова мобилизует свои жировые запасы быстрее, чем печень может их переработать. В результате образуются недоокисленные продукты – вторичные метаболиты (ацетоацетат, бета-оксибутират), высокий уровень которых служит индикатором заболевания кетозом из-за жировой инфильтрации печени и нарушения липидного обмена.

Холина хлорид – незаменимое питательное вещество, которое обеспечивает использование коровой мобилизованных из собственных запасов неэстерифицированных жирных кислот (НЭЖК). С кровотоком

НЭЖК (после отела их количество возрастает в крови в 5–10 раз) попадают в печень, где они метаболизируются. Поскольку жирные кислоты являются эргонасыщенными веществами, они окисляются с высвобождением энергии, необходимой для поддержания работы печени. Если уровень НЭЖК превышает норму, образуются недоокисленные продукты – кетоновые тела (бета-гидроксibuтират, ацетоуксусная кислота, ацетон), которые приводят к кетозу при превышении их порогового уровня в крови. Высокое содержание кетоновых тел в организме ведет к задержанию последа, послеродовому парезу, маститам, метритам, смещению сычуга, отсутствию приходов в охоту и потерям молочной продуктивности и качества молока. Субклинический кетоз при неправильном кормлении развивается уже в сухостойный период и приводит к рождению ослабленного молодняка, часто гибнущего в первые дни после рождения.

Углеводы и жиры могут замещать друг друга в пределах возможностей органов пищеварения. Чрезмерное включение в рацион белков создает избыточную нагрузку для печени, где осуществляется их дезаминирование; избыток жира ведет к образованию недоокисленных продуктов обмена, что приводит к ацидозу.

4.6. Факторы, определяющие полноценность липидного питания

Необходимым условием эффективного использования липидов сельскохозяйственными животными следует считать сбалансированность рационов по энергии, аминокислотам, особенно метионину, цистину, холину, витаминам Е и группы В, минеральным веществам.

На переваримость и всасывание липидов влияет соотношение в них насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Оптимальным соотношением насыщенных к ненасыщенным жирным кислотам следует считать 2:3.

Нормы ввода животного жира и содержания линолевой кислоты в комбикормах для птицы приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3. Нормы ввода жиров в комбикорма и содержания линолевой кислоты в них для птицы, % к массе комбикорма (А.А. Алиев, 1980)

Вид и возраст птицы	Кормовые жиры, до	Линолевая кислота	
Молодняк, откармливаемый на мясо			
цыплята-бройлеры	8	1,2–1,4	
индюшата	5	1,5–2,0	
утята	3	1,5–1,8	
гусята	5	1,4–1,6	
Племенной молодняк		(1)	(2)
цыплята	3	1,1–1,3	1,4–1,6
индюшата	5	1,5–1,7	1,8–2,0
утята	3	1,4–1,6	1,7–2,0
гусята	3	1,3–1,5	1,6–2,0
Куры-несушки		(3)	(4)
промышленные	5	1,3–1,5	1,1–1,2
племенные	5	1,5–1,8	1,3–1,5

Индейки	5	1,7–2,0	1,5–2,0
Утки	3	1,5–1,8	
Гуси	3	1,5–1,8	
Перепела		1,5–2,0	

Примечание: 1 – при выращивании в первые месяцы; 2 – в последний месяц; 3 – начале; 4 – в последующие сроки яйцекладки.

В комбикорма для растущих и откармливаемых свиней стабилизированные жиры (жир, стабилизированный сапропелем) можно вводить в количестве 3–5 % по массе (Р.Р. Байтасов, В.К. Пестис, 1995).

Потребность свиней в линолевой кислоте составляет 1,3–1,6 % от сухого вещества рациона (таблица 4.4).

Таблица 4.4. Потребность свиней различных возрастных групп в линолевой кислоте, на голову в сутки, г (А.А. Алиев, 1980)

Группы свиней	Живая масса, кг	ЭЖЕ	Обменная энергия, МДж	Линолевая кислота, г/гол.
Хряки-производители	250	4,22	42,2	45
Холостые и супоросные свиноматки старше 2 лет (супоросн. 84 дн.)	160–180	2,44	24,4	44
Супоросные свиноматки (последние 30 дн. супоросности)	180–240	3,42	34,2	48
Супоросные свиноматки до 2 лет (последние 84 дн. супоросности)	120–140	2,87	28,7	48
Супоросные свиноматки (последние 30 дн. супоросности)	140–180	3,64	36,4	55
Подсосные свиноматки (10 поросят)	150–200	7,2	72	85
Ремонтный молодняк	40–80*	3,32	33,2	21
Ремонтный молодняк	80–140	3,99	39,9	26
Молодняк на интенсивном откорме (мясном)	40–50	2,22	22,2	28
	60–70	2,72	27,2	35
	80–90	3,56	35,6	43
	100–110	4,12	41,2	52

Примечание: При расчете потребности в линолевой кислоте необходимо принимать во внимание, что на 1 ЭЖЕ для свиней необходимо давать 13 г линолевой кислоты.

Свиньям не рекомендуется использовать касторовое и льняное масла, жиры морских животных, что объясняется их специфическим составом, отрицательно влияющим на качество шпика.

При нормировании липидного питания растущего молодняка крупного рогатого скота необходимо исходить из его хозяйственного назначения. Племенным животным следует предусмотреть 3 % жира от сухого вещества рациона, а для телят, предназначенных для откорма, – 5–7 %.

Особенно высокую потребность в жире испытывают новорожденные животные. Как правило, у них наблюдается дефицит линолевой кислоты, и

если в течение первой декады молодняк не получает этот важный фактор в жизни, то он неминуемо погибает.

Уровень жира в рационе новорожденных животных лимитирует их рост, развитие и дальнейшую продуктивность. Минимальный уровень жира, который удовлетворяет структурную и энергетическую потребность организма, составляет для телят 12 %, для ягнят – 15 % и для поросят – 17 % от сухого вещества рациона. Потребность в линолевой кислоте всех видов новорожденных составляет около 2 % от обменной энергии.

4.7. Контроль липидного питания сельскохозяйственных животных

Содержание сырого жира в кормах и рационах сравнивают с детализированными нормами потребности животных в жире. При этом устанавливают недостаток или избыток жира в рационе.

Контроль полноценности липидного питания животных включает в себя следующие исследования.

1. Определение содержания сырого жира в кормах и рационах крупного рогатого скота и поросят-отъемышей и сравнение с нормами потребности животных в жире. При этом находят недостаток или избыток жира в рационе.

2. Биохимический анализ крови, мочи и молока. В крови определяют содержание общих липидов, в моче и молоке устанавливают наличие кетоновых тел. Результаты полученных анализов сравнивают с физиологическими нормами. Например, норма общих липидов в крови коров составляет около 0,8 %, кетоновых тел – 6 мг в 100 мл сыворотки крови. В молоке определяют также содержание жира и сравнивают его с базисной жирностью животных данной породы.

3. Анализ кормов рациона и крови на содержание жирорастворимых витаминов при появлении у животных признаков гиповитаминозов.

4. Определение наличия лецитина, холина и метионина в кормах рациона при подозрении на нарушение функции печени (возможна жировая инфильтрация) и почек у животных.

5. Анализ содержания линолевой кислоты в кормах рациона при появлении у животных, особенно свиней, кожных заболеваний. Количество кислоты должно быть около 20 г в 1 кг сухого вещества рациона.

Появление у животных гиповитаминозов жирорастворимых витаминов, кетозов, гипергликемии и других заболеваний на почве недостаточности липидов в кормах рациона ведет к резкому снижению продуктивности животных и птицы, а также падению жирности молока у коров.

Контроль полноценности липидного питания проводят в период диспансеризации животных и в случае необходимости с целью своевременного лечения и профилактики болезней, возникающих на почве несбалансированного кормления.

5. МИНЕРАЛЬНАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ И ПРОБЛЕМА ПОЛНОЦЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

5.1. Физиологическое значение минеральных веществ в питании и обмене веществ у сельскохозяйственных животных

Значение минеральных веществ для жизнедеятельности организма многогранно, они являются необходимыми компонентами для поддержания жизни, роста, развития и проявления максимальной генетически обусловленной продуктивности животных.

Они входят в состав структурных элементов тела животного. Каждая клетка содержит те или иные минеральные элементы. Образование новых клеток у растущих животных немислимо без отложения в них минеральных веществ. Минеральные вещества не обладают энергетическим действием, но их роль в питании сельскохозяйственных животных чрезвычайно велика, поскольку они используются в качестве пластического материала в опорных тканях (костях, хрящах, зубах).

Наряду со специфическими функциями большое значение минеральные вещества имеют в поддержании осмотического давления, буферной емкости жидкостей и тканей организма, проявлении иммунобиологической реактивности организма.

От минеральных веществ зависит постоянство реакции крови и тканевой жидкости, которые регулируют и поддерживают кислотно-щелочное равновесие в организме. Реакция крови всегда должна быть слабощелочная, несмотря на поступление кислот и щелочей как корма, так и продуктов обмена. Постоянство рН крови и тканевой жидкости обуславливается деятельностью выделительных органов и наличием в крови так называемых буферных систем, в состав которых наряду с белками и фосфатами входят минеральные вещества.

Минеральные вещества оказывают влияние на процессы пищеварения, всасывания и усвоения питательных веществ кормов в организме животных, способствуют созданию среды, в которой проявляют свое действие ферменты, гормоны и витамины. Например, основной фермент пепсин, способствующий перевариванию белка корма, действует только в присутствии водородных ионов соляной кислоты, а щелочные соли способствуют перевариванию жиров. Определенное взаимоотношение целого ряда ионов минеральных веществ обуславливает правильное развитие молодого организма, обеспечивает нормальное функционирование мышечной, нервной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем.

Минеральные вещества входят в состав молекул сложных органических структур организма, участвуют в процессах кроветворения и свертывания крови. Например, железо корма совместно с медью и марганцем идет на построение гемоглобина крови, благодаря которому происходит перенос кислорода и диоксида углерода в организме. Фосфор входит в состав

таких органических соединений, как казеин, нуклеиновые кислоты, фосфатиды и др. Сера принимает участие в синтезе аминокислот – метионина, цистина и цистеина, белка тела. Йод – незаменимый элемент в образовании гормона тироксина щитовидной железы. Хлор является главным элементом в образовании фермента пепсина желудочного сока.

Для нормальной жизнедеятельности животного организма необходимы не только отдельные элементы, а их комплексы, которые, образуя безвредные соединения, выводятся из организма через почки, легкие, кишечник и кожу, поэтому обмен минеральных веществ рассматривают в комплексе с белковым, углеводным, жировым и витаминным обменами.

Таким образом, минеральная часть кормового рациона играет важную роль в организации полноценного кормления животных. Только при наличии в рационе необходимого количества минеральных веществ организм животного наиболее полно использует питательные вещества корма, сохраняет здоровье и дает максимальную продуктивность.

5.2. Классификация минеральных элементов

Минеральные вещества представляют собой биологически значимые элементы, которые являются основой жизни живых организмов, попадая в организм, как правило, с пищей.

Существующие системы классификации минеральных элементов основаны на одной из трех исходных предпосылок:

- преимущественной локализации элементов в тех или иных органах и тканях;
- количественном содержании элементов в организме;
- значении элементов для жизнедеятельности.

Согласно содержанию элементов в органах и тканях, минеральные вещества разделяют на три группы:

1. Локализирующиеся в костной ткани (остеотропные) – фосфор, кальций, магний, стронций, бериллий, фтор, ванадий, барий, титан, радий, свинец и др.
2. Локализирующиеся в ретикулярно-эндотелиальной системе – железо, медь, марганец, серебро, хром, никель, кобальт.
3. Не обладающие тканевой специфичностью – натрий, калий, сера, хлор, рубидий, цезий.

С физиологической точки зрения эта система несовершенна. Магний, например, концентрируется в костях, но он же – основной внутриклеточный катион мягких тканей; фосфор – остеотропный элемент, но он также входит в состав сложных органических соединений. А некоторые остеотропные элементы (свинец, барий, олово и др.) не выполняют никакой биологической функции и являются для скелета балластными. Имеются и такие элементы, которые вообще не попадают ни в одну из перечисленных групп. Это йод, концентрирующийся в щитовидной железе, теллур – в почках, мышьяк и

сурьма – в эритроцитах, цинк и кадмий – в поджелудочной железе, половых органах.

По классификации, основанной на количественном признаке, все минеральные элементы делят также на три группы в соответствии с их содержанием в теле животных:

1. Макроэлементы – кальций, фосфор, калий, натрий, сера, хлор, магний. Их концентрация в организме составляет 0,09–9 % к массе тела, или $10^0 - 10^{-2}$.

2. Микроэлементы – железо, цинк, медь, молибден, марганец, йод, соответственно 0,00009–0,01 %, или $10^{-3} - 10^{-5}$.

3. Ультрамикроэлементы – кобальт, хром, ванадий, никель, соответственно 0,000009–0,000001 %, или 10^{-6} и ниже.

Система классификации по количественному признаку проста и удобна, но она не дает ответа на главный вопрос – какова биологическая роль того или иного элемента в организме.

Кроме того, количественное содержание некоторых элементов в организме может значительно варьировать в зависимости от среды обитания животных и способа питания.

Классификация, основанная на биологической роли элементов, представляет наибольший интерес для физиологов, биохимиков и специалистов в области питания животных.

Согласно этой классификации, минеральные элементы, обнаруженные в организме животных, делят на следующие три группы:

1. Жизненно необходимые элементы (биогенные, биотические) – кальций, сера, цинк, фосфор, магний, марганец, калий, железо, молибден, хлор, медь, йод, натрий, кобальт, селен.

2. Вероятно, т.е. условно необходимые элементы – фтор, хром, стронций, кремний, никель, кадмий, титан, мышьяк, ванадий, бром.

3. Элементы с малоизученной или неизвестной ролью – литий, алюминий, серебро, бериллий, галлий, олово, бор, германий, сурьма, скандий, рубидий, барий.

Группа биотических элементов включает в себя все макроэлементы, часть микро- и ультрамикроэлементов. Это подтверждает мысль о том, что порядок содержания того или иного элемента в организме еще не определяет его биологического значения.

5.3. Содержание в кормах, доступность, усвоение и депонирование в организме животных

Организм животного в зависимости от вида, возраста устроен таким образом, что без органических продуктов он способен продержаться до сорока дней, без воды – примерно десять дней. Сколько сможет прожить животное в условиях полного минерального голодания, точно не известно, но, судя по той роли, которую играют неорганические вещества в организме, вряд ли долго.

Именно поэтому в ежедневном рационе животных в обязательном порядке должны находиться такие важные и нужные составляющие, как макро- и микроэлементы.

Кальций – один из распространенных в природе химических элементов. В теле взрослых животных содержится 3,5–4 % кальция в расчете на сухую ткань и 26–30 % в расчете на золу.

Общее содержание кальция в теле животных в среднем составляет у коровы массой 600 кг – 7000 г, у свиньи массой 100 кг – 750 г, у овцы массой 50 кг – 550 г, у курицы массой 2 кг – 22 г. 99 % солей кальция входят в состав скелета и зубов, а 1 % в виде углекислых и фосфорнокислых солей находятся в протоплазме всех клеток тканей тела. Содержание кальция в сыворотке крови животных колеблется в пределах 2,5–3,0 ммоль/л. Основной физиологически активной формой кальция в тканях и жидкостях организма является ионизированная форма, величина которой в плазме крови составляет 1,1–1,3 ммоль/л.

Кальций – важный компонент большинства клеток и тканевых жидкостей. Он необходим для нормального формирования костной ткани, образования молока, является активатором ферментных систем и активно участвует в поддержании кислотно-щелочного равновесия в организме. Элемент жизненно важен для функционирования сердечной мышцы и нервной ткани, регулируя мышечную и нервную деятельность, ионы кальция оказывают активное действие на аденозинтрифосфатазу мышц. Кальций регулирует проницаемость мембран клеток, участвует в свертывании крови и влияет на процессы усвоения из кормов фосфора и цинка.

В организме часть кальция (15–33 %) находится в подвижном состоянии – из костной ткани он может перейти в кровь и другие ткани, что особенно интенсивно происходит в период лактации.

При недостатке кальция в кормах молодые животные болеют рахитом, который проявляется в виде деформации скелета, искривления трубчатых костей, позвоночника, грудной клетки из-за недостаточного окостенения. Наблюдается утолщение концов трубчатых костей (рис. 5.1).



(<https://agronomu.com/bok/7838-rahit-u-telyat-kak-i-chem-lechit.html>)

Рис. 5.1 – Рахит у телят

При этом изменяется состав крови. В ней до 20 % от нормы снижается содержание неорганического фосфора при небольшом изменении уровня кальция. По этому показателю рахит отличают от тетании, при которой резко падает содержание кальция в крови, а фосфора – остается в норме.

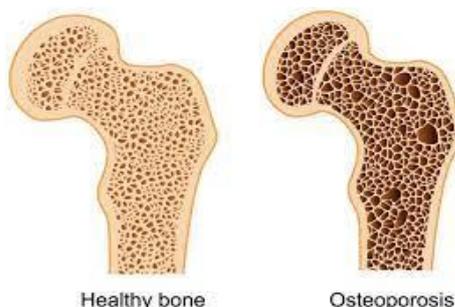
Недостаток кальция в кормах у взрослых животных проявляется остеомалацией – болезненное размягчение костей, а у несущек наблюдается размягчение клюва, замедленный рост и искривление конечностей (рис. 5.2).



(<https://agrovesti.net/lib/tech/ovtsevodstvo/nezaraznye-bolezni-ovets-i-koz-ikh-prichiny.html>)

Рис. 5.2 – Остеомалация у овец

Кроме остеомалации у взрослых животных при недостатке кальция в рационе возможны другие костные заболевания: остеопороз, который выражается в атрофии костной ткани, приводящий к истончению, пористости и хрупкости костей (рис. 5.3); остеофиброз, который характеризуется разрастанием костей с частичным замещением костной ткани фиброзной, при этом увеличиваются лицевые и челюстные кости. Кроме того, у молодых животных при недостатке кальция задерживаются рост и развитие, наблюдается расстройство пищеварения (понос и др.) и снижается продуктивность.



(<https://www.sciencedebate2008.com/osteoporoz-i-atrofiya-kostey>)

Рис. 5.3 – Остеопороз

Нарушение минерального обмена наиболее часто наблюдается у высокопродуктивных коров в первой трети лактации. У них отмечается размягчение или полное рассасывание последних хвостовых позвонков и

ребер. При этом у коров с нарушенной функцией паращитовидной железы (гормоны паращитовидной железы мобилизуют кальций и фосфор из костей) после отела часто наблюдается родильный парез (рис. 5.4).



(<https://www.ya-fermer.ru/poslerodovoi-parez-krupnorogatogo-skota>)

Рис. 5.4 – Родильный парез

Послеродовый парез (родильный парез, кома молочных коров) – острое, тяжелое нервное заболевание животных, сопровождающееся параличеобразным состоянием глотки, языка, кишечника и конечностей с потерей сознания. Характерными симптомами этого заболевания являются низкое содержание кальция в сыворотке крови и мышечные судороги.

Избыток кальция в рационах животных может оказаться не менее вредным, чем его недостаток, так как вызывает атрофию паращитовидной железы, а недостаток – разрастание (гиперплазию) этой железы. Подобный эффект может быть вызван и высоким содержанием фосфора в рационе, поскольку гормон железы регулирует выделение фосфора.

В рационах жвачных, получающих избыток кальция, отношение Са:Р может быть без вреда для животных расширено до 3:1 и даже 5:1 (при оптимуме 1,5–2:1), если в рационе достаточно фосфора. Избыток кальция в рационах для свиней и птиц проявляется снижением продуктивности и нарушением воспроизводительной функции вследствие ингибирования всасывания в кишечнике фосфора, магния, цинка, меди и других микроэлементов. Длительный избыток кальция в рационах жвачных животных снижает переваримость кормов, так как угнетающе действует на микрофлору преджелудков, а также приводит к нарушениям обмена марганца, железа, магния и йода.

Обмен кальция в организме регулируется гуморально. Основными гормонами, регулирующими обмен элемента, являются гормоны паращитовидной железы – паратгормон и кальцитонин. При понижении концентрации элемента в сыворотке крови паратгормон стимулирует процесс резорбции кальция и фосфора из костей. Кальцитонин образуется в щитовидной железе и регулирует содержание кальция в крови, снижая его концентрацию и замедляя резорбцию из костей. Секреция гормонов зависит от поступления кальция с кормами.

Усвоение кальция из кормов у разных видов животных неодинаковое. Так, поросята-сосуны при нормальном составе рациона усваивают элемент на 99 %, молодняк свиней – на 40–80, а крупный рогатый скот – на 40–70 %.

При повышенных дозах кальция в рационах во время беременности и лактации всасывание его снижается. Снижает усвоение кальция также и недостаток фосфора. Во время беременности у животных и перед началом яйцекладки у птицы в костяке создаются резервы кальция и фосфора, которые в дальнейшем ими используются на физиологические нужды.

Потребность в кальции зависит от вида, возраста, физиологического состояния и уровня продуктивности. Содержание кальция в расчете на 1 кг сухого вещества рациона должно составлять: для телят – 7–10 г, других групп крупного рогатого скота – 3–5, свиней – 5–6, поросят – 8, цыплят-бройлеров – 12, кур-несушек – 30 г.

Для балансирования кальция в рационах кормления используется кормовой мел (в нем 34,3 % кальция), известняки молотые (24–30 % кальция), дикальцийфосфат или преципитат (25 % кальция), комплексные минеральные добавки.

Фосфор попадает в организм животных с кормами. Он достаточно быстро всасывается в тонком кишечнике. Около 70–80 % фосфора в организме связано с кальцием, формируя каркас костей и зубов, 10 % находится в мышцах в форме фосфопротеинов, около 1 % – в нервной ткани в форме фосфолипидов, а остальное количество входит в состав жидкостей.

В животном организме фосфор находится как в виде органических, так и неорганических соединений. Фосфорнокислые соли костной ткани (главным образом кальциевые) являются резервом организма. В случае нестабильного фосфорного питания часть находящегося в костях фосфора переходит в другие ткани. У разных видов сельскохозяйственных животных общий и неорганический фосфор колеблется в плазме крови в пределах 3,5–4,1 и 1,29–2,26 ммоль/л. Нижней границей нормы неорганического фосфора в плазме у жвачных животных считается 1,29–1,45 ммоль/л.

В организме взрослых животных содержится 0,6–0,75 % фосфора в расчете на свежую ткань, 1,9–2,5 % в расчете на сухую ткань и 16–17 % в расчете на золу. В теле коровы массой 600 кг фосфора содержится в среднем 3600 г, свиньи массой 100 кг – 460 г, овцы массой 50 кг – 280 г и курицы массой 2 кг – 13 г.

Фосфор играет важную роль в обмене углеводов, принимает участие в жировом обмене, при этом жирные кислоты, поступая в кровь из пищеварительного тракта, соединяются с фосфорной кислотой и холином, образуя лецитин. Эта фаза фосфорилирования жира в кишечнике, печени и почках является промежуточной при образовании жира из углеводов у откармливаемых и молока – у лактирующих животных.

Фосфаты играют важную роль в углеводном обмене, при образовании гексакальцийфосфатов, аденозиндифосфатов и аденозинтрифосфатов. Фосфаты натрия и калия как буферные вещества поддерживают

определенную концентрацию водородных ионов крови и тканевой жидкости, участвуют в процессах всасывания питательных веществ в кишечнике и выделения из организма продуктов клеточного обмена веществ.

Являясь незаменимым компонентом клеточных белков, фосфор служит активатором ряда ферментов, участвует в создании буферности в крови и тканях. Играет важную роль в биологических реакциях и обмене энергии. Все синтетические процессы, связанные с ростом и образованием продукции (формирование скелета, увеличение мышечной массы, синтез составных частей молока, образование яиц, рост шерсти), осуществляются при участии соединений фосфорной кислоты. Он входит в структуру нуклеиновых кислот, которые служат носителями генетической информации, регулируют биосинтез белка и иммунитет.

Микрофлора преджелудков жвачных очень чувствительна к концентрации фосфора. Кроме того, особую роль этот элемент играет в реакциях фосфорилирования, восстанавливающих израсходованную АТФ.

Регулирует обмен фосфора в организме паратгормон. При недостатке этого элемента в рационах дойных коров для образования молока используется фосфор из костяка, что приводит к нарушениям обмена веществ, остеомалации, бесплодию, рахиту, остеопорозу.

При дефиците фосфора в рационах взрослых животных наблюдаются признаки остеомалации и рахита, деминерализация зубов и шатание резцов. У животных отмечается снижение поедаемости корма и извращение аппетита (они жуют древесину, кости и другие несъедобные материалы). Низкое потребление фосфора вызывает явления мышечной слабости, животные становятся вялыми, малоподвижными, шерсть у них взъерошена. В тяжелых случаях могут наблюдаться атаксия и параличи. Отсутствие или резкий дефицит фосфора в рационах молодняка приводит к гибели животных в первые дни или недели жизни (рис. 5.5)



(<https://www.zivotnovodstvo.ru/vrozhdennaya-ataksiya-telyat>)

Рисунок 5.5 – Врожденная атаксия теленка

В практике кормления крупного рогатого скота наблюдается дефицит

фосфора (до 30–40 %) несмотря на достаточно высокое содержание его в кормах.

Из растительных кормов хорошим источником фосфора может служить зерно злаковых и бобовых культур – овес, ячмень, кукуруза, горох, бобы и др. Сравнительно много фосфора в отрубях, жмыхах, шротах и кормах животного происхождения – мясокостной, рыбной муке и др. Однако в зерне данных культур до 30–70 % элемента находится в форме трудноусвояемого соединения – фитата, его доступность для жвачных животных составляет примерно 50 %, для свиней и птиц – 20–40 %. У молодых животных с однокамерным желудком практически отсутствует фермент фитаза, необходимый для расщепления фитина (фитата), а у жвачных это происходит при участии микрофлоры.

В 1 кг сухого вещества зерновых кормов фосфора содержится 3,1 г, шротов – 7,7, отрубей – 7–10, корнеклубнеплодов – 1,4–2, моркови – 4,7, обрата – 10, рыбной муке – 29 г.

Потребность сельскохозяйственных животных в фосфоре, так же, как и в кальции, зависит от вида, возраста, живой массы, физиологического состояния, уровня продуктивности и др.

Например, дойной корове с удоем 20 кг в сутки необходимо 12,5 г на 100 кг живой массы, с удоем 30 кг – 17,1 г; ремонтным телкам в 10-месячном возрасте – 7,9 г; овцематкам – 2,6–6,8 г; свиноматкам – 15–20 г.

Установлено, что высокое использование и нужное отложение в теле фосфора происходят лишь при определенном соотношении фосфора и кальция. Поэтому помимо норм потребности в фосфоре необходимо в кормовых рационах учитывать соотношение фосфора и кальция, которое в среднем составляет 1:1,3–1,5. Несоблюдение этого соотношения в кормовых рационах приводит к тяжелым расстройствам минерального обмена и усугубляет болезни остеодистрофического характера. Чаще всего в кормах наблюдается избыток кальция при недостатке фосфора. В этом случае в рационы до нормы добавляют кормовые фосфаты, не содержащие кальций (мононатрийфосфат, динатрийфосфат, диаммонийфосфат и др.).

Натрий. В теле взрослых животных содержится 0,13–0,16 % натрия в расчете на сухое вещество и 3,7–4,2 % в расчете на золу. В организме взрослой коровы массой 600 кг содержится около 750 г натрия, курицы массой 2 кг – 3 г натрия. В плазме крови животных его содержится около 130,5 ммоль/л. Много натрия находится также в коже, легких, мозге. В кости скелета входит 20–25 % всего содержания натрия.

В животном организме натрий находится в мягких тканях и тканевых жидкостях. Он участвует в регуляции кислотно-щелочного баланса и осмотического давления, от которого зависит транспорт питательных веществ в клетки, удаление шлаков и поддержание водного баланса в тканях, а также участвует в белковом и жировом обмене. Он является главным катионом, определяющим величину резервной щелочности плазмы крови. Натрий входит в состав пищеварительных соков и является незаменимым в

поддержании кислотности содержимого рубца. Кроме того, он необходим для образования желчи. Хлорид натрия служит материалом для образования желудочного сока, активирует фермент амилазу, ускоряет всасывание глюкозы в кишечнике.

Источником элемента для животных служит поваренная соль, которую в обязательном порядке следует вводить в рационы животных всех видов. Усвоение натрия от поваренной соли составляет 95–100 %.

Недостаточное поступление в организм катионов натрия вызывает у животных потерю аппетита, приводит к снижению буферности крови и проявлению у животных извращения аппетита, взъерошенности и огрублению шерстного покрова, снижению продуктивности, истощению, торможению роста молодняка (рис. 5.6).



(<https://horse-rehab.ru/prostoy-lizunec-ili-s-mineralnymi-do>)

Рис. 5.6 – Дефицит натрия

Ухудшается использование протеина, энергии корма, снижаются удои и жирность молока, нарушаются процессы рубцового метаболизма и воспроизводительной функции.

Недостаток натрия у животных может быть вызван избытком калия в рационе, так как при этом резко возрастает выведение натрия с мочой.

В процессе родов материнский организм с плодом и плодовыми оболочками теряет много натрия, а в дальнейшем это усугубляет процесс образования молока, что в конечном итоге ведет к значительному снижению живой массы молодняка. По этой причине, например, для первотелок в период роста, стельности и лактации необходимо дополнительное обеспечение натрием.

Запасов натрия в костяке у коровы с годовым удоем в 3500 кг может хватить на первые 40 дней лактации, в дальнейшем молочная продуктивность определяется только поступлением с кормами. При уровне этого элемента в кормах 0,6 г на 1 кг сухого вещества наблюдается снижение удоев на 20–24 %.

Избыток натрия в рационе также вреден для животных. Крупный рогатый скот по сравнению со свиньями и птицей менее чувствителен к избытку натрия. Установлено, что однократная доза поваренной соли, равная 0,5–1 % от живой массы тела, является токсичной. Предельная доза поваренной соли в сухом корме – 2 %, в питьевой воде – 1 %. Солевое

отравление может произойти в том случае, если животным скармливали комбикорма с высоким содержанием плохо перемешанной соли при плохом снабжении водой.

Содержание натрия в кормах растительного происхождения низкое. Достаточно много натрия в кормах животного происхождения. Недостаток натрия в питании сельскохозяйственных животных обычно ликвидируется добавкой к рационам поваренной соли.

Хлор. В организме животных хлор наблюдается почти исключительно в неорганическом виде. Общее содержание хлора в теле коровы составляет 300–400 г. Он находится преимущественно в жидкостях тела, мягких тканях и коже.

Хлор вместе с натрием и калием принимает участие в регулировании кислотно-щелочного равновесия и осмотического давления. Он является составной частью соляной кислоты, которая необходима для активации пепсина и ферментов, при оптимальной величине рН.

На образование соляной кислоты обычно используется до 20 % всего запаса хлора в организме. Недостаточность хлора у животных в обычных условиях маловероятна, однако его недостаток в рационах вызывает понижение секреции соляной кислоты, что ведет к нарушению пищеварения. У животных снижается аппетит, ухудшается усвоение питательных веществ корма, задерживаются рост и развитие молодняка, нарушается воспроизводительная функция, снижается продуктивность.

Источником хлора является поваренная соль, которую, как правило, нормируют в рационах всех видов и половозрастных групп животных. Например, дойным коровам в среднем требуется 50–70 г в сутки в зависимости от суточного удоя, молодняку крупного рогатого скота – 10 г на 100 кг массы тела, при откорме скота – 60–80 г; взрослым овцам – 8–15, ягнятам – 5–10; взрослым свиньям – до 40, молодняку свиней – до 20 г; взрослой птице – до 0,5 г, молодняку – до 0,3 г на 100 г сухого корма.

Жвачным животным поваренную соль скармливают в виде россыпи и лизунца (дают вволю), свиньям и птице соль строго нормируют из-за высокой чувствительности их к хлору (передозировка вызывает солевое отравление и падеж).

Особенно богаты хлором ботва и корнеплод свеклы, много хлора в кормовой капусте.

Магний. В организме взрослых животных содержится 0,035–0,04 % магния в расчете на свежую ткань, 0,1–0,13 % в расчете на сухую ткань и 1–1,1% в расчете на золу. Среднее его содержание в теле взрослых животных составляет: у коровы массой 600 кг – 240 г, у свиньи массой 100 кг – 30 г, у овцы массой 50 кг – 15 г, у курицы массой 2 кг – 0,9 г. Магний в организме откладывается главным образом в скелете (65–68 %), остальное количество – в клетках мягких тканей. Содержание элемента в сыворотке крови у животных в норме составляет 0,6–1,2 ммоль/л.

Магний в организме животных тесно связан с кальцием и фосфором (в костной ткани кальций преобладает над магнием, а в мягких тканях магний преобладает над кальцием) и выполняет самые разнообразные функции. Он участвует в создании кислотно-щелочного равновесия и осмотического давления в жидкостях и тканях, а также обеспечивает функциональную способность нервно-мышечного аппарата.

Магний способствует активизации многих ферментных систем, в частности активирует фосфатазу и участвует в углеводном обмене. Он регулирует окислительное фосфорилирование и участвует в терморегуляции. Ионы магния оказывают тормозящее действие на функцию нервной системы. Этот элемент необходим также для нормальной деятельности рубцовой микрофлоры у жвачных, являясь активатором ее ферментов.

Клинические признаки дисбаланса магния в организме проявляются нарушением функционирования сердечно-сосудистой и нервно-мышечной систем.

Недостаток магния в рационах телят приводит к истощению его запасов в костях и смертельному исходу.

Дефицит магния в рационах кур-несушек сопровождается гипомagneмией, уменьшением яйценоскости, снижением содержания магния в компонентах яйца и выводимости. У взрослых жвачных наиболее выраженный признак недостатка магния в пастбищный период – так называемая пастбищная тетания (рис. 5.7).



(<https://horses.dp.ua/wp-content/uploads/2018/02/222.jpg>)
(<https://hozjain.ua/ru/farm/pastbishhnaja-tetaniya-u-korovy>)

Рис. 5.7 – Пастбищная тетания

Чаще всего заболевание поражает лошадей в возрасте от двух до пяти лет, если они находились на лугу половину или весь день. В редких случаях заболевают животные, которые паслись только несколько минут в день, еще реже – вообще не ели свежую траву.

Пастбищная тетания может быть вызвана плохим поеданием кормов на пастбище, низким содержанием магния в кормах. Сопутствует этому также высокое содержание небелковых азотистых веществ и калия в пастбищной траве, резкое похолодание. Считается, что избыток калия нарушает обмен магния. При этом заболевании содержание магния в крови резко снижается с 0,69–1,64 ммоль/л до 0,2 ммоль/л. Типичными симптомами этого заболевания у коров могут быть нервное возбуждение, дрожь, подергивание

лицевых мускулов, шаткая походка, судороги. В качестве профилактической меры молочным коровам в летний период можно давать по 50 г на 1 голову в сутки окиси магния. Хороший эффект можно получить при внесении магниевых удобрений на культурных пастбищах.

Нарушения метаболизма магния у моногастричных животных наблюдаются достаточно редко, в то время как у жвачных животных (особенно у крупного рогатого скота) проблема дефицита магния является весьма распространенной.

Потребность в магнии у животных сравнительно небольшая. Например, дойной корове требуется в среднем 20–40 г в сутки в зависимости от суточного удоя, телятам до 6-месячного возраста – 1–7, молодняку крупного рогатого скота – 10–25 г в сутки в зависимости от возраста и прироста.

На потребность в магнии влияет содержание в кормах кальция. Считается, что между кальцием и магнием существует антагонизм. При потреблении кормов с большим количеством магния увеличивается выделение из организма кальция.

Хорошими источниками этого элемента являются сушеные дрожжи, жмыхи и шроты, бобовые травы. Достаточно много магния содержится в семенах масличных культур – 3–7,5 г/кг сухого вещества, пшеничных отрубях – 5,5 г.

В качестве магниевой добавки в рационы животных применяют доломитовый известняк, содержащий 11 % магния. Для профилактики магниевой (травяной) тетании у скота в летний период обычно разбрасывают на пастбище доломитовый известняк.

Калий. В теле взрослых животных содержится 0,18–0,27 % калия в расчете на свежую ткань, 0,55–0,80 % в расчете на сухую ткань и 5–7 % в расчете на золу. Общее содержание калия в организме взрослых животных составляет: у коровы массой 600 кг в среднем 1550 г, у свиньи массой 100 кг – 180 г, у овцы массой 50 кг – 115 г, у курицы массой 2 кг – 5 г.

Калий является основным катионом внутриклеточной среды. Из общего количества калия в организме около 90 % находится в протоплазме клеток в форме бикарбоната, фосфата или хлорида. Основным депо калия в организме служит мышечная ткань, мозговая ткань и эритроциты крови. В сыворотке крови содержание калия находится в пределах 0,43 ммоль/л.

Калий играет важную роль в процессах возбуждения нервной и мышечной тканей, а также участвует в углеводном обмене. Он поддерживает в норме осмотическое давление и имеет большое значение в водном обмене. Калий оказывает специфическое действие на активность многих ферментов, чем способствует улучшению переваримости питательных веществ и нормализации рубцового пищеварения.

Калий – антагонист натрия. Если ионы калия стимулируют физиологические процессы в организме, то натрий, наоборот, их тормозит, поэтому в кормовых рационах всегда надо учитывать их соотношение, например, благоприятным соотношением калия к натрию в рационах коров

считается 3–5:1. Определенное соотношение ионов калия и натрия необходимо главным образом для нормального ритма сердечной деятельности.

Всасывается калий практически на 100 % в кровь из желудочно-кишечного тракта, затем поступает в печень, а из печени переходит в систему кровообращения. Избыточное количество элемента выделяется через почки.

При недостатке калия в кормах животные плохо растут, у них появляются извращенный аппетит и повышенная возбудимость, наблюдается расстройство сердечной деятельности (аритмия, низкое кровяное давление – гипотония), нарушается функция печени, почек, самки плохо оплодотворяются.

Избыток калия тормозит процессы биохимического синтеза, уменьшает число сердечных сокращений и способствует проявлению пастбищной тетании.

Главными источниками калия для животных являются корма растительного происхождения. В растительных кормах он представлен в основном в виде диоксида калия и калиевых солей органических кислот.

Богаты калием луговые и пастбищные травы, клевер, люцерна, ботва кормовой свеклы, картофель, зерна бобовых, соевый шрот, кормовые дрожжи. Злаковые культуры богаче калием, чем бобовые. В ячмене, пшенице содержится около 4–6 г, картофеле – 20 г, свекле – 32 г/кг сухого вещества.

Дойным коровам необходимо от 60 до 180 г этого элемента в сутки в зависимости от величины суточного удоя, телятам до 6 мес. – от 8 до 25 г, молодняку крупного рогатого скота – 30–70 г в зависимости от возраста и прироста. Потребность свиней и кур в калии составляет около 3 г в 1 кг сухого вещества корма. При недостатке в кормах калия в рационы вводят минеральную добавку в виде диоксида или хлорида калия.

Сера. В теле сельскохозяйственных животных сера содержится в количестве 0,16–0,23 % от живой массы. В теле коровы ее уровень составляет 900–1000 г.

Основная масса серы организма, примерно 50 %, находится в мышечной ткани, в коже, шерсти; в роговых образованиях ее содержится 15–17 %, в костях и хрящах – 9–10, в крови – 6–7, в печени – 5–6, в остальных тканях – 10–13 % от общего ее количества. Во всех тканях сера находится главным образом в аминокислотах – цистине, цистеине, метионине. Особенно богат серой белок кератин, содержащийся в шерсти, пере и роговых оболочках.

Сера выполняет достаточно важную роль в организме, входит в состав белков, аминокислот, витаминов (биотин и тиамин), гормонов (инсулин), участвует в обмене энергии. Дефицит этого элемента обычно отмечается при недостаточном содержании в рационе кормового белка и его невысокой биологической полноценности.

Свою физиологическую роль в организме сера осуществляет через аминокислоты, в состав которых она входит. Цистин является составной

частью почти каждой клетки тела и играет роль в образовании желчи в печени. Белковое вещество шерсти кератин содержит 2,5–5,5 % серы и много цистина, поэтому достаточное количество серы и цистина в рационах овец – необходимое условие.

При недостаточном поступлении элемента у животных пропадает аппетит, появляется слезотечение, слюноотделение, слабость, и они гибнут после длительного голодания.

Дефицит серы в рационах жвачных животных можно восполнить минеральными подкормками с неорганической серой (сульфата натрия – глауберова соль и сульфата аммония), поскольку в преджелудках она хорошо используется для синтеза серосодержащих аминокислот и других органических соединений. Это важно учитывать при скармливании рационов, в которых для частичного восполнения недостатка белкового азота используется мочевины – недостаток серы при этом может ограничивать синтез серосодержащих аминокислот, а также снижает переваримость клетчатки, жира и крахмала. Особенно чувствительны к недостатку серы овцы (так как около 4 % серы содержится в шерсти) и птица (оперяемость, пухо-перовая продуктивность).

Для оптимального протекания процессов рубцового пищеварения в рационах кормления важно выдерживать оптимальные соотношения натрия к сере, которые должны быть в пределах от 12:1 до 20:1, и азота к сере – 9:1.

Потребность в сере овец и скота составляет 0,25–0,4 % сухого вещества кормового рациона. Например, дойной корове серы необходимо 25–50 г в сутки в зависимости от суточного удоя, телятам до 6 месяцев – 3–10, молодняку – 13–25 в зависимости от живой массы и прироста; овцам: взрослым – 3–9, ягнятам – 2–3 г в сутки. Потребность у овец в сере зависит главным образом от настрига шерсти.

В отличие от жвачных животных птица и моногастричные животные не могут использовать неорганическую серу и всецело зависят от поступления с кормами незаменимой серосодержащей аминокислоты – метионина, из которой впоследствии образуются цистин и цистеин.

Из растительных и животных кормов достаточно много серы содержат семена масличных и некоторых бобовых растений (горох, соя), жмыхи, луговое сено, сухой обрат, мясная, кровяная, рыбная мука. В качестве источников серы для жвачных обычно применяют сульфаты натрия, кальция, калия и элементарную серу. Все корма, богатые белком, содержат больше серы, чем корма, бедные им.

Железо. В организме взрослых животных концентрация железа в среднем составляет 0,005–0,006 % в расчете на свежую ткань и 0,14–0,17 % в расчете на золу. В теле коровы массой 600 кг содержится примерно 36 г железа, свиньи массой 100 кг – примерно 5 г и курицы массой 2 кг – 0,16 г.

Более 90 % элемента находится в организме животного в соединении с различными белками – гемоглобином крови, миоглобином мышечной ткани, трансферинном плазмы крови, ферритином и некоторыми ферментами

(цитохромы, каталаза и др.). Около половины этого биометалла сконцентрировано в гемоглобине, который выполняет в организме дыхательную функцию, осуществляя транспортировку кислорода от легких к тканям и перенос углекислого газа в обратном направлении. От гемоглобина зависит жизнь организма, ведь без кислорода невозможно окисление глюкозы, а соответственно клетки не получают необходимую энергию.

Образование гемоглобина происходит непрерывно в течение всей жизни, поэтому для нормального функционирования организма уровень его в крови должен составлять 61,4–80,0 ммоль/л для крупного рогатого скота, овец и свиней.

В сыворотке крови железо находится в соединении с белком – сидерфилином, который участвует в транспорте железа. Основными депо железа служат белок ферритин (содержит до 20 % железа), который присутствует в селезенке, печени, почках и костном мозге, а также гемосидерин (содержит до 35 % железа).

Данный микроэлемент является обязательным компонентом многих ферментов, клеточных пигментов (цитохромов) и флавопротеидов. При метаболизме (разрушении) гемоглобина высвободившееся железо может быть вновь использовано для синтеза железосодержащих белков, поэтому здоровый и взрослый организм пополняет из кормов только 10–20 % от общей потребности в нем.

Истинный недостаток железа возможен только у поросят, так как в материнском молоке недостаточно железа для обеспечения им организма новорожденных. Другие виды сельскохозяйственных животных значительно лучше обеспечены железом за счет запасов материнского организма, что практически исключает возможность проявления болезней недостаточности. Ягнята и телята используют запасы железа, накопленные еще во время внутриутробного развития. Несмотря на низкий уровень элемента, явления угнетения роста у них не наблюдаются.

Типичным симптомом недостаточности железа является гипохромная микроцитарная анемия, что приводит к анемии, потере аппетита, замедлению роста, повышенной восприимчивости к заболеваниям. Помимо анемии, обнаруживается снижение уровня железа в печени; активность цитохромов почти не меняется. Одним из побочных явлений при дефиците железа является понос, который, в свою очередь, усугубляет недостаток железа.

При умеренном регулярном избытке железа в рационе происходит насыщение его в печени с последующим отложением в виде коллоидальной формы окиси железа – гемосидерина, вредного для организма. При избытке железа ухудшается усвоение фосфора и меди, уменьшается отложение витамина А в печени. Избыток биометалла в рационах может явиться причиной ухудшения использования протеина кормов, расстройств пищеварения (диспепсия), а следовательно – снизить показатели роста, развития и продуктивности животных.

Много железа в листьях и оболочках семян. Богаты им солома злаковых, шроты, отруби, сухой жом, кровяная и рыбная мука, молоко, обрат, зерно злаков, корнеплоды.

Следует учитывать, что использование организмом железа из растительных кормов невысокое, лучше оно усваивается из кормов животного происхождения и минеральных добавок, особенно органического происхождения.

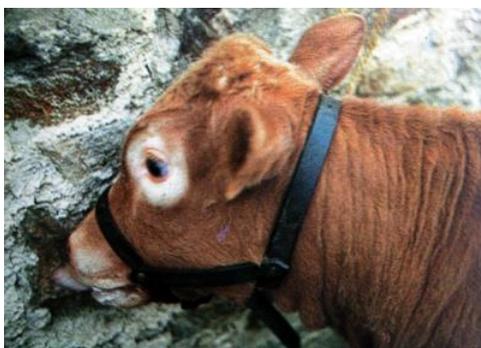
Потребность в железе у всех видов животных в среднем составляет для коров – 40 мг/кг сухого вещества корма, телок – 50–70, телят – до 50, поросят – 100, взрослых свиней – 30–60 мг/кг.

Медь. У взрослых животных концентрация меди составляет 0,0002–0,00025 % в расчете на свежую ткань, т. е. в 30 раз меньше, чем железа. У новорожденных (кроме ягнят) меди в теле содержится больше ввиду повышенной концентрации ее в печени. В теле новорожденного теленка содержится в среднем 13–14 мг меди, поросенка – 3,5–4 мг, вылупившегося цыпленка – 60–80 мкг.

В организме животных медь является биотическим элементом, обеспечивающим нормальное течение процесса образования гемоглобина и окислительно-восстановительных процессов, роста и развития, роста волос и их пигментации, воспроизводства и лактации, а также процессов кератинизации и пигментации. Участвуя в ряде ферментативных процессов, медь значительно влияет на обмен в организме углеводов, липидов, белков и минеральных веществ. Она оказывает влияние на активность половых гормонов, обмен витаминов и функциональное состояние эндокринной и нервной систем.

Значение меди в организме определяется ее способностью разрывать и образовывать связи между углеродом и серой, а также ее функциями в процессах кроветворения и тканевого дыхания. Медь необходима для всасывания пищевого железа, превращения его в органически связанную форму и тем самым для синтеза гемоглобина.

Недостаточность меди (гипокупроз) наблюдается у крупного рогатого скота (лизуха, анемия, понос) и овец, реже – у свиней (рис. 5.8).



(<https://agro-archive.ru/mineralnoe-pitanie/502-vliyanie-nedostatka-ili-izbytka-medi.html>)

Рис. 5.8 – Лизуха

При недостатке меди у животных снижается содержание ее в крови (в крови здоровых животных около 1,57 мкмоль/л, при недостаточности – до 0,03 мкмоль/л) и печени, нарушается синтез гемоглобина, следствием чего является развитие гипохромной анемии. При этом снижается способность крови переносить кислород, прогрессирует кислородная недостаточность, в организме накапливаются недоокисленные продукты (ацидоз). У животных появляется понос, извращается аппетит, снижается продуктивность, у молодняка задерживается рост. Недостаток меди влияет на биосинтез кальциферола и на кератинизацию, что и является причиной остео дистрофий и изменений шерстного покрова.

В условиях Республики Беларусь отмечается недостаточное содержание меди в кормах, поэтому рационы сельскохозяйственных животных необходимо балансировать, используя неорганические соли или хелатные (комплексные) соединения.

Передозировка солей меди или бесконтрольное их применение как стимуляторов роста приводит к отравлению животных. У животных отмечается желтушность, потеря аппетита, жажда, одышка, некроз клеток печени, метгемоглобинемия и гемолиз эритроцитов. Смерть наступает от печеночной комы.

Потребность животных разных видов в меди неодинакова. Например, дойным коровам необходимо 70–300 мг в сутки в зависимости от удоя, свиноматкам – 40–100 мг в сутки в зависимости от супоросности и лактации.

Больше всего этого элемента содержится в зернах, семенах, отрубях, жмыхах и шротах. В зерне ячменя составляет 5 мг/кг, ржи – 3,9, тимофеевке – 1,57, викоовсяной смеси – 4,5–7,4 мг на 1 кг натурального корма. В пастбищной траве содержание меди колеблется в пределах 2–12 мг на 1 кг сухого вещества. В соломе и молоке меди содержится очень мало.

Цинк. В теле новорожденного теленка содержится около 500 мг цинка, поросенка – 25 мг, вылупившегося цыпленка – 0,4 мг. Концентрация элемента в теле увеличивается в раннем периоде постнатального онтогенеза. Наиболее насыщены цинком костная ткань, печень, кожа и шерсть (перья).

Биологическое значение цинка как микроэлемента определяется тем, что его ионы участвуют в гидролизе и биосинтезе пептидов, обеспечивая разрушение и возникновение связей между атомами углерода и азота, благодаря чему из аминокислот строятся белковые молекулы.

Цинк – компонент многих ферментов и прежде всего гидролитических: карбоангидразы, аминопептидазы, энлазы, глутаминдегидрогеназы и др. Высокая концентрация его отмечается в зонах интенсивного деления клеток и в органах, синтезирующих ферменты (половые железы, печень, поджелудочная железа, лимфоузлы). Катализируя окислительно-восстановительные процессы, цинк участвует в углеводном, азотном, газовом и водном обменах, повышает физиологическую активность витаминов, увеличивает силу фагоцитоза. Активация гормонов пролактина, фолликулина

и проланина определяет значение цинка в процессах воспроизводства животных и их молочной продуктивности.

Его физиологическая роль определяется необходимостью для нормального роста и развития, поддержания репродуктивной функции (размножения), вкуса и обоняния, нормального заживления ран и др. В организме животных цинк связан с нуклеиновыми кислотами, ответственными за хранение и передачу наследственной информации.

Недостаток цинка угнетает рост, понижает плодовитость и может привести к бесплодию. Цинк предохраняет свиней от специфического заболевания паракератоза – поражение кожи в виде покраснения на животе с последующей сыпью и образованием струпуев (рис. 5.9).



(<https://agronomu.com/bok/3899-kak-vylechit-porosyat-ot-parakeratoza.html>)

Рис. 5.9 – Паракератоз у поросенка

Потребность свиней в этом элементе удовлетворяется при его содержании в 1 кг сухого вещества кормов 40–60 мг.

У цыплят при использовании в кормосмеси протеина соевого шрота, который связывает цинк, отмечается отставание в росте, ненормальное оперение, поражение конечностей, дерматиты, задержка полового созревания.

Птицы и свиньи переносят без последствий 20-30-кратные дозировки цинка, жвачные – 10-кратные.

Цинковая недостаточность у жвачных животных встречается редко в связи с довольно высоким содержанием цинка в травостое естественных и культурных пастбищ и сенокосов. Однако при дефиците цинка у жвачных нарушается воспроизводительная функция, воспаляются слизистые оболочки рта и носа, появляются кровоизлияния, уплотняется кожа, огрубевает и выпадает шерстный покров. Суставы становятся малоподвижными, конечности отекают. Наблюдается характерное скрежетание зубами и усиленное слюноотделение.

Решающим в диагнозе является низкое содержание цинка в сыворотке крови больных животных – 2,29–3,06 мкмоль/л (у здоровых животных – не ниже 15,3 мкмоль/л).

Наибольшее количество цинка содержат отруби, сухие дрожжи, зерна злаковых, бобовых, мясокостная мука и ботва свеклы. Мало цинка в картофеле и соломе.

Явления цинковой недостаточности предотвращаются или излечиваются добавками к рациону животных усвояемых солей цинка.

Марганец. В теле сельскохозяйственных животных марганца содержится 450–560 мкг на 1 кг живой массы. В теле новорожденного теленка марганца 65–70 мг, поросенка – 650–700 мкг, вылупившегося цыпленка – 10–20 мкг. В наибольшем количестве элемент содержится в скелете, печени и поджелудочной железе. В печени почти весь марганец связан с ферментом аргиназой, гидролизующим аминокислоту аргинин на мочевины и орнитин. Основное физиологическое значение марганца – активация ферментативных процессов, связанных с обменом углеводов, белков и липидов.

Он принимает активное участие в окислительно-восстановительных процессах, стимулирует тканевое дыхание, принимает участие в синтезе аскорбиновой кислоты, оказывает влияние на рост, размножение, кроветворение, функцию эндокринных органов и противодействует жировой дегенерации печени. Марганец усиливает влияние инсулина и ослабляет действие адреналина на углеводный обмен. Замечено действие элемента на выработку гонадотропного и лактотропного гормона гипофиза. Он необходим как катализатор при использовании в организме тиамина. Кроме того, он используется для нормального функционирования центральной нервной системы.

При недостатке марганца у поросят замедляется рост скелета, трубчатые кости конечностей у больного животного укорачиваются, становятся изогнутыми, сильно деформируется скакательный сустав. При клиническом осмотре такого больного животного изменения в костяке, вызванные недостатком марганца, похожи на изменения, которые в костях развиваются при рахите.

У поросят, получающих недостаточное количество марганца с кормом, часто ветеринарные специалисты наблюдают атаксию, нарушение координации движений и потерю равновесия.

У свиней при длительном дефиците марганца наблюдается хромота, замедление роста скелета, нерегулярные астральные циклы, резорбция плодов, почти полное отсутствие молока.

У свиноматок пакеты молочных желез развиваются слабо. Молоко у свиноматок из молочных пакетов практически не выделяется. Свиноматки, в рационах которых содержится мало марганца, рожают мелких и слабых, гипотрофичных поросят. Такие поросята не в состоянии не только передвигаться, но и стоять. При сильном дефиците марганца в рационе кормления у свиноматок отмечаются аборт, а также гибель и рассасывание плодов. Характерным признаком заболевания у больного животного служит игра языком («щелкание» языком): животное выводит язык из ротовой полости, спиралеобразно сворачивает его, неоднократно, при этом касаясь верхнего неба, перекладывает язык из стороны в сторону и вновь вводит в ротовую полость.

У коров недостаточность марганца проявляется нарушениями в воспроизводящей системе (гипофункция яичников, ановуляторные половые циклы, отсутствие течки, аборт, удлинение сервис периода) и снижением молочной продуктивности. У телок – нарушается астральный цикл, снижается оплодотворяемость.

У телят, полученных от коров, испытывающих дефицит марганца, нередко встречаются деформированные конечности, утолщение суставов, скованность, искривление, слабость, низкая интенсивность роста, у самцов – бесплодие, дегенерация семенников.

Слишком большие дозы марганца для овец и телят оказывают отрицательное влияние на рост, снижают уровень гемоглобина, изменяют состав микрофлоры рубца.

При недостатке марганца в организме племенной птицы уменьшается толщина скорлупы и ухудшается выводимость цыплят. Недостаток элемента у эмбрионов проявляется хондродистрофией, а у цыплят – перозисом (рис. 5.10).



(<https://vetvo.ru/perozis.html>)

Рис. 5.10 – Перозис у цыплят

Перозис возникает у цыплят в раннем возрасте из-за недостатка марганца в рационах племенных кур-несушек.

Потребность в марганце у птиц составляет 4–5 мг на 100 г сухого корма; свиней – 46–50 мг, коров – 42–75 мг на 1 кг сухого вещества рациона.

В кормовых средствах уровень марганца сильно варьирует от 5 до 120 мг/кг. Относительно богаты этим элементом свекольная ботва, клевер, отруби, сухой шрот, рисовые и пшеничные отруби. Меньше его содержат все виды зерновых культур, как злаковых, так и бобовых, а также семена масличных культур и продукты их переработки.

В пастбищной траве содержание марганца в 1 кг сухого вещества составляет 40–200 мг, а в траве на кислых почвах может достигать 500–600 мг. При недостатке его в кормах в рационы добавляют соли – сульфат, хлорид и карбонат марганца; для птиц можно применять перманганат калия в виде водного раствора слабо-розового цвета.

Кобальт. Содержание кобальта в организме животных невелико – 30–60 мкг на 1 кг живой массы. В теле коровы массой 600 кг находится примерно 50 мг кобальта, в теле новорожденного поросенка – 150 мкг, вылупившегося цыпленка – 1,5–2 мкг. Наиболее высокая концентрация элемента отмечается в печени, почках, селезенке и костях. В цельной крови

его концентрация составляет 40–90 мкг/л (0,07–0,15 мкмоль/л). Биологический эффект элемента обусловлен его присутствием в молекуле витамина В₁₂ (цианкобаламин).

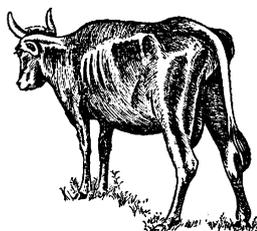
Кобальт способствует лучшему усвоению азота и повышенному биосинтезу белков, активирует ряд ферментов, способствующих улучшению использования кальция и фосфора кормового рациона, повышает естественную резистентность организма к различным заболеваниям, способствует синтезу красных кровяных телец (гемоглобин и миоглобин), принимает участие в обмене энергии пропионатов для производства глюкозы (для рационов с высоким содержанием крахмала необходимо более высокое содержание кобальта), поддерживает сохранность нервной системы.

Входит в состав витамина В₁₂, который синтезируется микроорганизмами пищеварительного тракта животных, особенно в рубце жвачных, а у свиней – в толстом отделе кишечника при наличии в корме достаточного количества кобальта. Это определяет особое значение кобальта в кормлении животных.

При оптимальном содержании элемента в рационе взрослого крупного рогатого скота, овец, лошадей, кроликов микробный синтез цианкобаламина осуществляется в достаточной мере. В организме молодняка животных, свиней, птицы и плотоядных этот процесс не обеспечивает в полной мере потребность в витамине. Кобальт не является важным минералом для птиц, так как они должны получать достаточно витамина В₁₂ в рационе и не могут синтезировать данный витамин из кобальта.

Первыми признаками кобальтовой недостаточности считаются потеря аппетита, поедание волоса и шерсти, вялость. У животных за этим следует остановка роста, исхудание (акобальтоз или сухотка). К этим симптомам присоединяются анемия и связанное с ней побледнение кожных покровов. У крупного рогатого скота кожа покрывается корками, у овец шерсть утрачивает блеск, укорачивается и загрязняется. Учащаются аборт, возрастает смертность молодняка.

Акобальтоз характеризуется исхуданием и заболеванием органов дыхания. У животных резко снижается продуктивность, появляются поносы, нарушается процесс кроветворения, что в тяжелых случаях приводит к анемии (рис. 5.11).



(<https://studfile.net/preview/4659237/page:23>)

Рис. 5.11 – Акобальтоз крупного рогатого скота

У всех животных резкий избыток кобальта вызывает полицитомию крови, гиперплазию костного мозга, потерю аппетита, нарушение роста.

Нормы потребности в кобальте установлены для всех видов и половозрастных групп животных. Например, дойным коровам кобальта требуется 5–20 мг в сутки, овцематкам – 0,4–1,0 мг в сутки.

Содержание кобальта в кормовых растениях в условиях Республики Беларусь недостаточное, что связано в основном с типом почв. По этой причине систематическое внесение удобрений или микродобавок с кобальтом позволяет увеличить его содержание в кормах и предотвратить заболевания животных.

Сбалансировать рационы кормления по этому элементу можно включением солей (хлористых, углекислых, сернокислых) или комплексных соединений кобальта. Отравлений вследствие избыточного количества этого элемента в рационе не отмечается, так как он не задерживается в организме и выделяется с каловыми массами.

Йод. В организме животных концентрация йода в среднем составляет 50–200 мкг/кг массы. В организме коровы массой 500 кг содержится всего 17 мг йода, а в теле свиньи массой 100 кг – 4,5 мг. Более половины всего йода, содержащегося в организме животного, сосредоточено в щитовидной железе. В цельной крови содержится от 0,39 до 1,81 мкмоль/л йода. У здоровых коров содержание микроэлемента в норме летом равно 1,02–1,49, у телят этот показатель составляет в норме 0,47–0,63, у овец – 0,78–1,81, у свиней – 0,39–0,63 мкмоль/л.

Йод действует на органы и ткани непосредственно и как составная часть гормонов щитовидной железы – тироксина и трийодтиронина, без которых невозможно нормальное функционирование организма. Эти гормоны контролируют функционирование всех систем – рост и дифференцировку тканей, поглощение кислорода, состояние центральной и периферической нервной системы, влияют на скорость метаболизма, энергетический обмен и уровень теплопродукции, жировой, углеводный и белковый обмен, обмен витаминов и многих электролитов, повышают тонус мышц, содействуют росту шерсти. Йод способствует повышению продуктивности, улучшению состояния здоровья, стимулирует рост и развитие молодняка.

Недостаток йода является основной причиной нарушения функции щитовидной железы животных – она увеличивается в размерах и образуется так называемый эндемический зоб (рис. 5.12).



(<https://forum.kozovod.com/t/molochnyj-zob-u-kozlyat/11048>)

Рис. 5.12 – Эндемический зоб у сельскохозяйственных животных

При йодной недостаточности у коров наблюдается снижение молочной продуктивности, бесплодие, увеличение сервис-периода, задержание последа, внутриутробная гибель эмбриона, низкорослость, растянутость туловища, удлинение костей лицевого черепа, небольшие рога, маленькое вымя, нарушение роста шерсти, сухость и складчатость кожи, явления микседемы (слизистый отек межчелюстной области).

У телят в первые дни после рождения возникают желудочно-кишечные, респираторные и другие болезни, в результате которых в организме возникают необратимые морфологические и функциональные изменения, отрицательно влияющие в будущем на различные виды продуктивности. Наблюдается увеличение щитовидной железы, которая окружает трахею и пищевод в несколько раз и может вызвать гибель от асфиксии.

У овец недостаточность йода проявляется увеличением щитовидной железы, рождением хилого и болезненного потомства, рахитом, выпадением шерсти. К дополнительным признакам йодной недостаточности можно отнести истончение шерсти. Количество жиропота шерсти снижено, сама шерсть сухая, грязная. Зачастую отмечается извращение аппетита, поедание шерсти, что ведет к катарам кишечника.

У взрослых свиней дефицит йода проявляется перегулами, снижением плодовитости, рождением нежизнеспособных поросят и мертворожденностью. У поросят-сосунов обнаруживаются пучеглазие, тахикардия, повышенная возбудимость, позже развиваются отеки подкожной клетчатки в области головы, шеи и пахов, угнетение, истощение и гипотермия, ведущие к гибели.

Токсический избыток йода в рационе сельскохозяйственных животных в обычных условиях маловероятен, так как их толерантность к данному элементу высока.

В растениях йод содержится в ультрамикроколичествах: в травах – 200–400 мкг/кг сухого вещества, в зерне – 50–300, в корнеклубнеплодах – 200–500. Сравнительно много йода в злаково-бобовом сене хорошего качества, травяной муке, отрубях, шротах, морских водорослях (морской капусте), рыбной муке из морских рыб.

Отдельные корма содержат вещества, которые даже при достаточном содержании в кормах и воде нарушают синтез тироксина в щитовидной железе. Такие вещества обнаруживаются в молоке коров, которые в больших количествах получали корма, приготовленные из крестоцветных культур, особенно капусты, рапса, а также бобов сои, гороха, арахиса и семян льна.

Суточная потребность животных в йоде составляет у дойных коров 6–25 мг в сутки в зависимости от удоя, молодняка крупного рогатого скота – 1–3 мг в зависимости от возраста и прироста, свиноматок – 1–2 мг в зависимости от живой массы, периода супоросности и лактации.

При недостатке йода в кормах и питьевой воде в рационы добавляют его соли – йодид калия или йодид натрия. Для профилактики эндемического

зоба в регионах с недостаточным количеством йода в почвах, воде и кормах применяют йодированную поваренную соль (25 г йодида калия на 1 т соли).

Селен. В организме сельскохозяйственных животных концентрация селена колеблется от 1 до 3 мг/кг живой массы, в организме птиц не превышает 0,02 мг/кг. Особенно его много в почках, печени, шерсти и копытах. Биологическая роль селена во многом определяется химическими свойствами его органических и неорганических соединений, которыми этот элемент представлен в обмене веществ живых организмов. Большое значение в метаболизме селена имеет тот факт, что по своему электронному строению элемент очень близок к сере.

Селен входит в число элементов, необходимых для поддержания жизнедеятельности живых организмов. Он воздействует на активность фосфатаз, отвечает за регуляцию окислительно-восстановительных реакций, синтез АТФ, иммунобиологическую активность организма, а также оказывает влияние на тканевое дыхание. Установлено его влияние на белковый обмен, в частности на обмен серосодержащих аминокислот. Селен обеспечивает нормальную функцию печени, обладает антиоксидантными, иммуномодулирующими и детоксицирующими свойствами, регулирует усвоение и расход витаминов А, С, Е и К.

Недостаток селена в рационах животных приводит к мышечной дистрофии у телят и ягнят (беломышечная болезнь), токсической дистрофии печени у свиней (некроз), рассасыванию плода и бесплодию, дегенерации тестикулов, маститам, анемии, гемолизу эритроцитов, вызывает кардиомиопатию и репродуктивные дисфункции (рис. 5.13).



(<https://allvetdrugs.ru/bolezn/belomyshechnaya-bolezn>)

(<https://progorodchelnny.ru/chto-takoe-belomyshechnaya-bolezn-telyat-prichiny-simptomy-i-lechenie>)

Рис. 5.13 – Беломышечная болезнь у молодняка

На клеточном уровне недостаток селена ведет к нарушению целостности клеточных мембран, снижению активности ферментов, накоплению кальция внутри клеток, нарушению метаболизма аминокислот и кетокислот, подавлению энерго-продуцирующих процессов.

Неорганические соединения селена, находящиеся в кормах, более токсичны, чем органические. Излишнее поступление селена с кормом приводит к отравлению. При этом главным образом расстраиваются окислительно-восстановительные процессы в тканях в связи с ингибированием активности ряда ферментов, принадлежащих к

оксидоредуктазам. Кроме того, избыток селена в организме приводит животных к анемии, истощению, нарушению сердечной деятельности и функции печени, частичной деформации суставов. Избыток вызывает щелочную болезнь (алкалоз, слепая вертячка). В тяжелых случаях отмечается нарушение функции нервной системы и параличи.

При содержании селена меньше 0,017–0,080 мг/кг корма у животных возникают признаки заболевания селеновой недостаточности. Если в кормах содержание селена невелико (от 0,17 до 0,07 мг/кг воздушно-сухого вещества корма), это хозяйство считается неблагополучным. Нормальное содержание селена в кормах колеблется в пределах 0,06–1,0 мг/кг воздушно-сухого вещества корма.

Для крупного рогатого скота максимально допустимый уровень содержания селена составляет 4-5 мг в 1 кг сухого вещества рациона (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Максимально допустимый уровень содержания минеральных элементов в рационах крупного рогатого скота и овец, в расчете на 1 кг СВ корма (В.К. Пестис и др., 2021)

Элемент	Крупный рогатый скот	Овцы	Элемент	Крупный рогатый скот	Овцы
Натрий,	8-12	12-30	Марганец, мг	До 1000	До 1000
Хлор, г	12-18	18-30	Йод, мг	30-40	30-100
Кальций, г	12-15	12-15	Фтор, мг	20-30	60-80
Фосфор, г	10-12	10-12	Молибден, мг	4-6	6-10
Магний, г	До 7	До 7	Селен, мг	3-5	3-50
Калий, г	До 50	До 50	Мышьяк, мг	3-5	3-10
Сера, г	4-5	5-6	Свинец, мг	До 2	До 2
Железо, мг	400-1000	200-300	Хром, мг	До 1	До 1
Медь, мг	80-100	10-15	Кадмий, мг	До 0,5	До 0,5
Цинк, мг	500-1000	500-1000	Ртуть, мг	До 0,05	До 0,05
Кобальт, мг	20-30	50-100			

В кормовых растениях Республики Беларусь содержание селена в основном не достигает критического уровня – 0,01 мг на 1 кг сухого вещества. Его много в рыбной и кровяной муке, пшеничных зародышах и отрубях, мало – в корнеклубнеплодах и бобовых культурах, особенно в районах с кислыми почвами.

Минимальная потребность в селене составляет 0,1 мг/кг сухого вещества корма для крупного рогатого скота. В рекомендациях приводятся нормы селена для телят и ягнят – 0,06, для свиней и птицы – 0,08 мг/кг сухого вещества корма.

В сельском хозяйстве в качестве кормовой добавки для крупного рогатого скота широко применяются неорганические соединения селена в виде селенита и селената натрия. Они недостаточно эффективны ввиду малой биодоступности (20–30 %) и высокой токсичности, быстро действуют, но не аккумулируются в организме. Органические соединения селена обладают меньшей токсичностью для животных по сравнению с неорганическими.

В кормовых растениях Республики Беларусь содержание селена в основном не достигает критического уровня – 0,01 мг на 1 кг сухого вещества. Его много в рыбной и кровяной муке, пшеничных зародышах и отрубях, мало – в корнеклубнеплодах и бобовых культурах, особенно в районах с кислыми почвами.

Минимальная потребность в селене составляет 0,1 мг/кг сухого вещества корма для крупного рогатого скота. В рекомендациях приводятся нормы селена для телят и ягнят – 0,06, для свиней и птицы – 0,08 мг/кг сухого вещества корма.

Добавки органических соединений селена в виде селеноцистеина, селенометионина, селенобиотина и метилселеноцистеина к рациону животных или инъекции ускоряют рост молодняка, повышают репродуктивные качества.

Молибден – микроэлемент, который в последнее время стали относить к необходимым в питании животных. В организме млекопитающих содержится молибдена 1–4 мг на 1 кг живой массы.

Потребность животных в молибдене пока не установлена, но известно, что корма, содержащие более 6 мг молибдена на 1 кг сухого вещества рациона, вызывают отравления (молибденозы) животных.

Физиологическое значение молибдена для организма животных связано с его влиянием на активность фермента ксантиноксидазы.

Молибден делает более эффективной работу антиоксидантов, в том числе витамина С. Он важный компонент системы тканевого дыхания. Усиливает синтез аминокислот, улучшает накопление азота. Молибден входит в состав флавиновых ферментов (альдегидоксидаза, сульфитоксидаза, ксантиноксидаза и др.), выполняющих важные физиологические функции, в частности, регуляцию обмена мочевой кислоты. Молибденоэнзимы катализируют гидроксигирование различных субстратов. Альдегидоксидаза окисляет и нейтрализует различные пиримидины, пурины, птеридины. Ксантиноксидаза катализирует преобразование гипоксантинов в ксантины, а ксантины – в мочевую кислоту. Сульфитоксидаза катализирует преобразование сульфита в сульфат.

Недостаток молибдена в организме сопровождается уменьшением содержания в тканях ксантиноксидазы, страдают анаболические процессы, наблюдается ослабление иммунной системы. Тиомолибдат аммония (растворимая соль молибдена) является антагонистом меди и нарушает ее утилизацию в организме. Есть сведения, что молибден играет важную роль в процессе включения фтора в зубную эмаль, а также в стимуляции гемопоэза.

В практике кормления чаще всего не отмечается его недостатка. При избыточном поступлении его в организм повышается выделение меди, и наоборот. Поэтому токсическая доза молибдена зависит от содержания в рационе меди, которая нейтрализует его нежелательное действие. В этих условиях организм обедняется медью и проявляется синдром ее недостаточности. Кроме того, в кормах при неправильном хранении

молибден вступает в реакцию с медью с образованием молибденово-медного комплекса, и медь не участвует в обмене веществ животных.

Однако наибольшую опасность представляет избыток молибдена, что приводит к отравлению животных – молибденозу. Его избыток приводит к патологическим явлениям – истощению, поносам, ломкости костей, ослаблению сперматогенеза, анемии и гибели животных. Сравнительно часто наблюдается токсическое действие на организм избытка молибдена в пастбищном корме. Увеличение содержания меди в рационе на 1 голову до 1 г в день устраняет отравление молибденом у крупного рогатого скота.

Ориентировочный оптимум содержания молибдена в сухом веществе рациона для дойных коров составляет 0,5–1,0 мг на 1 кг.

В 1 кг массы кормов молибдена содержится, мг: в траве естественных лугов – 0,18–0,44, траве посевных злаков – 0,004–0,24, траве посевных бобовых – 0,01–0,75, сене луговом – 0,38–0,58, сене бобовых – 0,29–0,53, корнеклубнеплодах – 0,03–0,18, зерне злаковых – 0,08–0,42, зерне бобовых – 1,3–4,4, жмыхах – 0,35–1,6.

Фтор следует отнести к жизненно необходимым микроэлементам. Он широко распространен в природе, входит в состав почв, минералов, природных вод, растительных и животных организмов. В организме животных фтора содержится в среднем 10^{-4} – 10^{-5} % по массе.

В организме животных фтор в основном концентрируется в костной и зубной тканях, но в минимальных количествах содержится во всех тканях. Он участвует в фосфорно-кальциевом обмене при росте скелета, в нормальных дозах предотвращает кариес зубов и способствует заживлению костных переломов. Кроме того, фтор оказывает благоприятное влияние на лечение остеопороза.

Недостаток фтора (эндемический кариес зубов) – хроническое заболевание, проявляющееся главным образом прогрессирующим разрушением твердых тканей зубов с образованием дефекта в виде полости. Болеют все виды животных.

Эндемический кариес зубов встречается в тех местностях, где уровень содержания фтора в воде менее 0,5 м/л и почвах – менее 15 мг/кг. Болезнь развивается медленно. Поверхности зубов приобретают изъеденный вид, образуются полости, корни зубов обнажаются. Затрудняется прием корма. Отмечаются симптомы остеодистрофии (рис. 5.14).



(<https://vetvo.ru/endemicheskij-karies-u-zhivotnyx.html>);(<https://vetvo.ru/endemicheskij-flyuoroz-u-zhivotnyx.html>)

Рис. 5.14 – Эндемический кариес и флюороз у животных

В практике кормления существует опасение не только дефицита, но и избыточного поступления фтора, вызывающего хроническое отравление животных. Содержание фтора в рационах выше 20 мг/кг сухого вещества вызывает флюороз – хроническое отравление животных фтором, состояние, при котором они теряют аппетит и истощаются, а у дойных коров снижаются удои. Энзоотический (эндемический) флюороз встречается в местах, где в питьевой воде содержание фтора более 1,2–1,5 мг/л, в почвах – более 0,05 %.

При хронических отравлениях фтор блокирует многие ферментные системы, ведет к накоплению в костной ткани, печени и крови лимонной кислоты. Помимо поражения костной и зубной тканей при флюорозе нарушаются процессы пищеварения, функции почек, печени, сердца, надпочечников, семенников и щитовидной железы. Развитие патологического процесса сходно с таковым при кариесе зубов.

Предполагается, что токсическое действие фтора связано с высокой активностью элемента входить в соединения с металлами – медью, цинком, железом и другими металлами, которые являются структурными элементами ферментов, гормонов.

Наблюдаются следующие изменения при флюорозе у животных:

- у крупного рогатого скота отмечаются угнетение, отсутствие аппетита, атония преджелудков, расстройство дефекации – усиление перистальтики кишечника, профузный понос, фекалии с примесью крови, отмечается болезненность в области брюшной стенки. Появляется слабость, дрожание мускулатуры тела, атаксия, затем судороги. Быстро нарастают явления ухудшения сердечной деятельности и дыхания. Смерть наступает от асфиксии при явлениях коллапса;

- у овец наблюдается депрессия и оцепенение, переходящие в общее возбуждение, обильное слюнотечение и слезотечение, кровянистые выделения из ноздрей, кровь в фекалиях, затрудненное мочеотделение, понижение температуры тела;

- у свиней – часто повторяющаяся рвота, затем появляются жажда и другие симптомы, характерные для фторинтоксикации;

- у кур – возбуждение, истечение пенистой жидкости из клюва, угнетение, гребешки бледные, перья тусклые взъерошенные, ломкие, выпадают на спине, фекалии серо-белого цвета, масса тела и яйценоскость снижены, яйцо уменьшено в размере, скорлупа истончена, хрупкая или полностью отсутствует.

Оптимальная концентрация фтора в предельно допустимой дозе в питьевой воде 0,7–1,5 мг/л. Для животных допустимая суточная доза не более 1 мг/кг массы тела. Максимально допустимый уровень фтора в рационах крупного рогатого скота составляет от 1–20 до 40–50 мг/кг сухого вещества корма, в рационах овец – 60–150 мг/кг, свиней и птиц – 50 мг/кг.

Для профилактики флюороза животным скармливают добавки сульфата или хлорида аммония, которые образуют нерастворимый флюорат аммония, благодаря чему всасывание фтора из кишечника уменьшается.

5.4. Влияние хелатов на обмен веществ в организме животных

Дефицит минералов в питании домашнего скота может привести к многочисленным клиническим и патологическим нарушениям в организме животных. Чтобы избежать этого, следует обогащать рацион животных минералами.

Традиционно при разработке рецептур кормов для животных использовались неорганические минеральные соли (такие как оксиды и сульфаты).

Содержание и качество минералов в сульфатах и оксидах различное, но считается, что сульфаты имеют большую биологическую доступность. При дефиците одного или нескольких минеральных элементов в питании животного их добавляют к корму в органической или неорганической форме. Для специалистов по питанию животных очень важно знать биологическую доступность любого элемента в натуральных ингредиентах, используемых в питании, а также минералов, используемых в качестве добавки.

Биологическая доступность микроэлементов – это количество элемента, которое усваивается, доставляется к месту действия и преобразовывается в физиологически активную форму.

Микроэлементы могут поступать как из органических (хелаты), так и неорганических (сульфаты, оксиды) веществ.

Органический минеральный комплекс, который синтезируется путем реакции минеральной соли и сложного органического соединения, такого как белок (аминокислоты), полисахарид или витамины, *приготовленный под воздействием ферментов*, и есть «хелат». Хелат является наиболее биодоступной и усваиваемой формой любого минерала. Они не требуют дополнительных превращений и легко всасываются в кишечнике. В отличие от других форм, они не испытывают необходимости присутствия витаминов – хелатному кальцию не нужен витамин D, магнию – витамин B₆ и т.д.

Роль хелатов заключается в том, чтобы увеличить биологическую доступность минералов и улучшить процесс обмена веществ. Хелаты усваиваются организмом животных лучше, чем неорганические формы минералов. А это значит, что органические микроэлементы в кормах для животных можно использовать в меньшей концентрации. Микроэлементы в форме хелатов можно применять в питании всех видов животных. Хелаты могут замещать 25–40 % неорганических минералов, которые животное получает в виде добавок, поскольку являются источником более легкоусвояемых микроэлементов.

Некоторые аминокислоты и белковые пищевые продукты, например, пептиды, являются идеальными лигандами для образования кольцевой структуры с минералом. Хелатный минерал вместе с аминокислотой всасывается клетками желудочно-кишечного тракта. Аминокислотный хелат не переваривается до всасывания клетками и не отделяется в желудке. Он остается в виде изначальной молекулы и легко усваивается, проникая через

мембрану клеток микроворсинок желудка. Такой способ усвоения позволяет избежать действия веществ-антагонистов.

Хелаты являются нейтральными молекулами (не имеют электрического заряда), что улучшает усвоение микроэлементов клетками желудочно-кишечного тракта и снижает действие агентов, которые образуют нерастворимые соединения с ионными микроэлементами.

Преимущества применения хелатных микроэлементов в питании животных: улучшение репродуктивной функции, снижение содержания соматических клеток в молоке, повышение силы копыт, улучшение иммунитета, улучшение роста животных, уменьшение уровня заболеваний и смертности.

5.5. Реакция золы корма и значение соотношения кислотных и щелочных элементов в питании животных

Минеральную питательность кормов характеризуют следующие показатели: содержание сырой и чистой золы; наличие в золе макроэлементов и микроэлементов; соотношение отдельных элементов – кальция и фосфора, натрия и калия, кальция и цинка и др.; кислотно-щелочное соотношение.

По минеральной питательности все корма подразделяют на две группы: физиологически кислые и физиологически щелочные. В золе физиологически кислых кормов преобладают фосфор, сера и хлор. К ним принадлежат главным образом зерновые корма и их отходы (отруби). В золе физиологически щелочных кормов преобладают кальций, магний, калий и натрий. К ним относят зеленую траву, силос, сенаж, корнеклубнеплоды и другие сочные корма. В кормах минеральные вещества представлены в форме органоминеральных соединений.

Сырая зола характеризует общее содержание всех минеральных составных частей корма и представляет собой несгораемый остаток сухого вещества в виде оксидов элементов натрия, калия, кальция, магния, железа и др., ангидридов кислот серной, фосфорной, соляной и др., а также содержит диоксид углерода, частицы угля и примеси песка. Общее содержание чистой золы в кормах рациона оказывает влияние на всасывание питательных веществ из пищеварительного тракта, причем оптимум содержания минеральных веществ находится в пределах 6–6,5 % от сухого вещества кормов.

От минерального состава золы зависит постоянство реакции крови и тканевой жидкости, которые регулируют и поддерживают кислотно-щелочное равновесие в организме. Реакция крови всегда должна быть слабощелочная, а рН – 7,35–7,36, несмотря на поступление кислот и щелочей как корма, так и продуктов обмена. Постоянство рН крови и тканевой жидкости обуславливается деятельностью выделительных органов и

наличием в крови так называемых буферных систем, в состав которых наряду с белками и фосфатами входят минеральные вещества.

Практика кормления животных показывает, что систематическое скармливание большого количества кормов, в золе которых преобладают элементы кислотного характера, вызывает у животных заболевания с признаками ацидоза. В этом случае в крови животных понижается щелочной резерв (способность крови связывать углекислый газ), повышается концентрация водородных ионов (рН), увеличивается содержание хлора в кровяной плазме, повышается содержание в моче аммонийных солей.

Преобладание в рационах кормов, в золе которых находится большое количество щелочных элементов, ведет к заболеваниям животных с признаками алкалоза. Появление этих заболеваний способствует значительному снижению использования питательных веществ кормов, потере упитанности и падению продуктивности животных, а у сельскохозяйственной птицы – размягчению костей.

Для регулирования в рационах животных кислотно-щелочного соотношения необходимо знать содержание элементов в кормах и, так называемые, грамм-эквиваленты, которые равны: для фосфора – 80, для серы – 62, для хлора – 28, для кальция – 50, для магния – 82, для калия – 26 и для натрия – 44.

При вычислении кислотно-щелочного отношения используют следующую формулу:

$$\text{КЩО} = \frac{Cl \times 0,028 + S \times 0,062 + P \times 0,097}{Na \times 0,044 + K \times 0,0256 + Mg \times 0,082 + Ca \times 0,050},$$

где КЩО – кислотно-щелочное отношение; Cl, Na и т.д. – количество соответствующих элементов в корме или рационе; 0,028, 0,062 и т.д. – переводные коэффициенты

Оптимальной нормой кислотно-щелочного соотношения в рационах животных является 0,8-0,9. Это значит, что в рационах всегда должно быть больше щелочных элементов, примерно, на 0,3-0,4 грамм-эквивалента на 1 ЭКЕ рациона.

5.6. Пути решения проблемы полноценного минерального питания животных

Проблема минерального питания животных была и есть наиболее актуальной проблемой продуктивного животноводства. Основным источником минеральных веществ для сельскохозяйственных животных являются корма растительного происхождения.

На химический состав растительных кормов влияют климатические и погодные условия, особенности химического состава растений, а также агротехнические факторы, такие как количество, качество и сроки внесения в

почву удобрений, сроки уборки, технология заготовки и хранения кормов. Ценность кормов по минеральным веществам также зависит от фазы развития растения. Так, к концу вегетации количество фосфора, калия, хлора и меди в них, как правило, уменьшается, а кальция – увеличивается.

Дефицит в минеральных элементах устраняется путем добавления последних к удобрениям. Например, при внесении в почву меди повышается ее содержание в растениях, за счет азотных удобрений снижается количество в почве цинка, кобальта, но повышается – кальция, магния и натрия в травах, под влиянием фосфатных удобрений в кормах возрастает содержание фосфора, но уменьшается – микроэлементов. При внесении только калийных удобрений повышается количество калия в растениях, но одновременно тормозится усвоение ими кальция и магния.

Таким образом, в результате внесения удобрения дефицит в минеральных веществах устраняется лишь частично.

В связи с неполным минеральным составом кормов их недостаток восполняется за счет минеральных добавок. В настоящее время известно довольно много подкормок, содержащих различное количество макро- и микроэлементов с неодинаковой степенью их усвояемости организмом животных.

Минеральные подкормки вырабатывает химическая промышленность, однако очень важно изыскивать и использовать местные естественные месторождения и источники минерального сырья.

Большинство кормов содержит слишком мало натрия. Недостаток в рационе натрия восполняется в основном поваренной солью.

Сравнительно дешевым источником поваренной соли в условиях Беларуси могут выступать галитовые отходы (галиты). О целесообразности замены обычной поваренной соли в рационах животных солью галитовых отходов говорят публикации В.М. Голушко и др. (1988).

Среди фосфорно-кальциевых подкормок известны монокальцийфосфат кормовой, кальций фосфорнокислый однозамещенный, дикальцийфосфат, трикальцийфосфат, обесфторенный фосфат кормовой.

При избытке в рационах кальция и недостатке фосфора для выравнивания оптимального соотношения между кальцием и фосфором в качестве фосфорной кормовой добавки используют динатрийфосфат.

Из многих кальциевых подкормок животным скармливают мел, известняк, известковые туфы, гарныш, мергель, лимнокальций, травертины и другие природные средства. Источниками кальция являются также ракушечная и мидиевая мука, мука из створок мелких моллюсков.

В ряде случаев дефицит кальция в рационах животных восполняется за счет использования гипса, который в чистом виде представляет сернокислый кальций. Он является производным серной кислоты и может в определенной степени восполнять недостаток в кормах серы.

В качестве серо-кальциевой добавки в рационах животных может выступать фосфогипс (отходы производства фосфорных удобрений),

получаемый при переработке апатитов на Гомельском химическом заводе. Отрицательной стороной фосфогипса является наличие в нем до 0,3 % фтора, который в этом количестве оказывает отрицательное влияние на организм животных. Для устранения этого недостатка необходимо производить обесфторивание его.

Чтобы восполнить недостаток серы и магния, используется сульфат магния. Можно скармливать глауберову соль, или сернокислый натрий – этот препарат способствует лучшему усвоению азотистых веществ рациона и повышает содержание жира в молоке.

В рационах с недостатком магния в качестве добавки используется окись магния и карбонат магния основной.

Наиболее важными представителями микродобавок в рационах животных являются сернокислая медь, хлористый кобальт, цинк сернокислый, сернокислый марганец, йодистый калий.

Селеновые подкормки применяются при беломышечных заболеваниях и как профилактическое средство в виде селенита натрия.

Зачастую при выращивании поросят следует давать железистые подкормки, в частности железный купорос – железо сернокислое закисное.

Наряду с использованием макро- и микроэлементов промышленного производства в последнее время привлекают внимание исследования и производственное использование местных естественных месторождений минерального сырья.

Как кормовая добавка в кормлении животных, широко используются цеолиты. Химический состав цеолитов различных месторождений отличается. Например, 1 кг цеолитсодержащего трепела Костюковичского месторождения Могилевской области содержит: железа – 4518 мг, меди – 6,36, цинка – 25,5, марганца – 58,9, калия – 3,03 г, натрия – 0,51, кальция – 0,78, фосфора – 0,09, магния – 1,67 г. Включение цеолитов в рационы свиней способствует росту естественных защитных сил их организма, улучшению состояния многих гематологических показателей, нормализует обменные процессы в организме животных, у взрослого поголовья повышает воспроизводительные функции.

В Республике Беларусь имеются значительные запасы верхового сфагнового торфа, степень разложения которого не превышает 20 %. Кроме органических веществ, преобладающих в его составе, в нем содержатся соли кальция, фосфора, железа, а также микроэлементы: цинк, медь, молибден, марганец, кобальт. Это позволяет рассматривать сфагновый торф как источник минерального питания животных.

В последние годы заметно возрос интерес к кормовым добавкам на основе глины. Установлено положительное действие на организм животных минеральной добавки пикумин, получаемой при изготовлении керамзита.

Как минеральная добавка, а также источник витаминов, аминокислот, углеводов, ферментов и других веществ выступает сапропель. Сапропель, или ил (озерная грязь) – это донное отложение пресноводных озер.

Минеральной подкормкой служит также древесная зола. В ее состав входят кальций, натрий, калий, магний, фосфор, а также микроэлементы.

Для установления недостаточности или избытка минеральных веществ в рационах определяют их содержание в кормах и сравнивают с детализированными нормами потребности животных в отдельных макро- и микроэлементах.

Для контроля над минеральным питанием животных разработаны следующие основные методы: биохимический анализ крови, молока и шерсти, рентгенофотометрическое исследование плотности костей, балансовые и научно-хозяйственные опыты, метод меченых атомов. Также делают анализы содержимого рубца, слюны, мочи, скелетных мышц и другого биоматериала, который можно получить, не нарушая здоровья животных (табл. 5.1, 5.2).

Таблица 5.1 – Биохимический состав крови

Показатель	Ед. изм.	Крупный рогатый скот	Овцы	Свиньи	Лошади	Куры
Цельная кровь						
Глюкоза	ммоль/л	2,22-3,33	2,22-3,33	3,33-5,55	3,05-5,27	1,44-7,77
Кетоновые тела	г/л	0,01-0,06	0,01-0,03	0,005-0,025	нет данных	нет данных
Кобальт	мкмоль/л	0,51-0,85	0,51-0,85	0,43-0,85	0,43-0,85	0,36-,51
Марганец	мкмоль/л	2,73-4,55	0,36-1,45	0,36-1, 82	нет данных	нет данных
Медь	ммоль/л	14,1-17,3	7,9-11,0	нет данных	3,51- 7,08	7,9-11,0
Сыворотка крови						
Белок общий	г/л	72-86	65-75	70-85	70-78	43-59
Йод, связанный с белком	нмоль/л	315-630	350-630	315-473	157,6-315,2	нет данных
Кальций общий	ммоль/л	2,5-3,13	2,5-3,13	2,5-3,5	2,5-3,5	2-3,0
Магний	ммоль/л	0,82-1,23	0,82-1,23	1,03-1,44	0,82-1,44	0,82-1,23
Мочевина	ммоль/л	3,3-6,7	3,3-5,8	3,3-5,8	3,3-5,8	2,3-3,7
Фосфор неорганический	ммоль/л	1,45-1,94	1,45-1,84	1,29-1,94	1,35-1,78	1,78-2,42
Плазма крови						
Натрий	ммоль/л	139-148	139-148	139-148	135-143	152-165
Калий	ммоль/л	4,10-4,86	4,10-4,86	4,10-4,86	4,86-5,63	4,86-5,89
Цинк	ммоль/л	38,2-76,5	61,2-76,5	61,2-76,5	нет данных	нет данных
Щелочной резерв	об% CO ₂	46-66	48-60	45-55	50-65	48-55

Таблица 5.2 – Содержание минеральных веществ в молоке коров

Макроэлементы	Содержание, г/л	Микроэлементы	Содержание, мг/л
Кальций	1,2-1,3	Железо	0,5-1,0
Фосфор	0,9-1,0	Марганец	0,03-0,1
Магний	0,1-0,15	Цинк	3-5
Калий	1,5-1,7	Медь	0,1-0,15
Натрий	0,5-0,7	Йод	0,02-0,13
Хлор	1,0-1,4	Кобальт	1,0-1,5 мкг/л

6. ВИТАМИННАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ И ПРОБЛЕМА ПОЛНОЦЕННОГО ВИТАМИННОГО ПИТАНИЯ

6.1. Значение витаминов в кормлении и обмене веществ у сельскохозяйственных животных

В современном животноводстве большое внимание уделяется обеспечению сбалансированного питания животных. Здоровье и продуктивность животных зависит не только от кормления по рационам с достаточным количеством протеина, жира, углеводов и минеральных веществ, но и от обеспеченности их высококачественными витаминными кормами.

Витамины (от лат. *vita* – жизнь) – группа органических соединений разнообразной химической природы, физиологически активных в малых дозах для питания животных, но имеющих огромное значение для нормального обмена веществ и жизнедеятельности.

Витамины не являются для животных источником энергии и материалом для построения тканей и органов. Однако многие из них входят в состав ферментов или участвуют в ферментных системах, регулирующих и катализирующих превращения в организме поступающих с пищей белков, жиров, углеводов и солей.

Существенная роль принадлежит витаминам в работе биологических мембран. Недостаток или отсутствие витаминов в кормах вызывает гиповитаминоз. Это скрытая форма витаминной недостаточности, которая протекает в организме животного в слабо выраженной форме, без заметного проявления специфических признаков. Но она причиняет большой ущерб животноводству и птицеводству, проявляясь в потере аппетита, слабостью, истощении, замедлении роста, нарушении функций размножения, снижении продуктивности, витаминной ценности продукции животноводства. Минимальной потребностью в витаминах считается такое их количество, которое ежедневно должно получать животное или птица, чтобы устранить симптомы или предотвратить появление витаминной недостаточности.

6.2. Классификация витаминов, витаминоподобные вещества, антивитамины и провитамины

В 20-х годах XIX в., когда были открыты первые 3–4 витамина, возникла потребность ввести обозначения для этих веществ. Тогда еще не была известна химическая природа открытых витаминов, в связи с чем было предложено использовать заглавные буквы латинского алфавита для условного наименования витаминов – А, В, С, D, Е, К и т.д. В настоящее время известно более трех десятков веществ, относящихся к категории витаминов.

По наиболее распространенной и принятой классификации витамины подразделяют на жирорастворимые – А, D, Е, К и водорастворимые – В, Н, С.

По роли в клеточном обмене витамины можно разделить на две группы:

1. Витамины, действующие биокаталитически, т.е. участвующие в построении ферментов и являющиеся их составными частями. К ним относятся витаминные комплексы В и Н.

2. Витамины с индуктивным действием, основное значение которых состоит в поддержании дифференциации тканей, упорядочении клеточных структур. К ним относятся витамины А, D, Е, С и В₄.

Кроме обозначения витаминов буквами латинского алфавита, распространено также их химическое название – никотинамид (В₅) или по действию на организм – антирахитический (эргокальциферол – D₂).

Помимо этих двух главных групп витаминов, выделяют группу разнообразных химических веществ, из которых часть синтезируется в организме, но обладает витаминными свойствами. Для животных эти вещества принято объединять в группу *витаминоподобных*. К ним относят холин, липоевую кислоту, пангамовую кислоту, оротовую кислоту, инозит, убихинон, парааминобензойную кислоту, карнитин, витамин U, а также линолевую и линоленовую кислоты.

Однако имеются вещества, вызывающие снижение или полную потерю биологической активности витаминов – это *антивитамины*. В настоящее время антивитамины принято делить на две группы – антивитамины, имеющие структуру, сходную со структурой нативного витамина, и оказывающие действие, основанное на конкурентных взаимоотношениях с ним и антивитамины, вызывающие модификацию химической структуры витаминов или затрудняющие их всасывание, транспорт, что сопровождается снижением или потерей биологического эффекта витаминов. К ним относятся, например, тиаминазы, вызывающие распад молекулы витамина В₁, аскорбатоксидаза, катализирующая разрушение витамина С, варфарин – антагонист витамина К и др.

Провитамины – предшественники витаминов, их неактивная форма, которая в организме, вследствие химических реакций, преобразуется в активную, а затем вступает в новые реакции для выполнения своих функций. Филлохинон – предшественник витамина К, каротиноиды – витамина А, кальциферолы – витамина D, токоферолы образуют витамин Е, аскорбаты превращаются в витамин С, витамин В₁ – из тиамин.

6.3. Факторы, влияющие на биосинтез витаминов в преджелудках жвачных

В процессе жизнедеятельности микроорганизмы рубца синтезируют витамин В₁ (тиамин), рибофлавин (В₂), пантотеновую кислоты (В₃), никотиновую (В₅), фолиевую (В₉), биотин (Н), пиридоксин (В₆),

цианокобаламин (В₁₂), а также жирорастворимый витамин К (филлохинон). Поэтому взрослые жвачные при сбалансированном кормлении почти полностью обеспечены этими витаминами и нуждаются в них при повышении продуктивности или при содержании на очень бедных рационах (солома, веточный корм и др.), не обеспечивающих нормальной деятельности микрофлоры рубца. Однако, молодняк, у которого рубец еще не функционирует, должен получать их с кормом.

Установлена следующая закономерность синтеза витаминов. Если увеличивают количество витаминов в корме, то объем синтеза их в рубце уменьшается.

Синтез витаминов зависит также от наличия необходимых предшественников, например, кобальта для синтеза цианокобаламина, синтез никотиновой кислоты – при наличии триптофана, витамина С – при достаточном содержании в рационе каротина, фолиевая кислота – из фолатов, содержащихся в кормах, биотин – из двух предшественников, аланина и пимелоил-КоА – при помощи трех ферментов.

Витамин К – единственный жирорастворимый витамин, который синтезируется бактериями рубца и кишечника.

6.4. Доступность, усвоение и депонирование витаминов в организме животного

Усвояемость витаминов зависит от многих факторов и прежде всего от соотношения витаминов между собой, их доступности для организма животных, а также от сбалансированности рационов по другим элементам питания.

Усвояемость каротина из кормов при рационе без жиров очень низкая, например, у коров на уровне 50–52 %. Основным депо ретинола в организме животных является печень, но он также находится в почках, жировой ткани, крови. Доступность каротина и превращение его в витамин А существенно понижается при повышении содержания нитратов и нитритов в кормах рациона.

Всасывание витамина А происходит главным образом в верхнем отделе тонкого кишечника. После всасывания витамин попадает в печень и другие органы в основном через грудной лимфатический проток. Витамин А в нормальных условиях всасывается почти полностью. Депонирование витамина А в печени осуществляется только при достаточном поступлении его с пищей и при нормальной концентрации ретинола в крови. Основным депо витамина А в организме является печень в виде ретинола пальмитата.

Для всасывания витамина D в кровь из кишечника необходимо достаточное количество жиров и желчи. Поэтому для лучшего усвоения витамина D его следует употреблять вместе с жирами растительного происхождения. При достаточном количестве жиров и желчи витамин D усваивается на 90 %, а при их недостатке – только на 60 %.

В организме кальциферол накапливается в незначительном количестве в печени, крови и кожном покрове животного. Образовавшийся в коже и всосавшийся в кишечнике из пищи холекальциферол поступает в кровоток, из крови около 75 % витамина D поглощается печенью, оставшаяся часть поступает в жировые клетки. Витамин D депонируется главным образом в жировой ткани.

В кишечнике витамин E всасывается с участием желчных кислот и поступает в лимфу и далее с помощью липопротеинов низкой плотности разносится кровью по тканям. Он содержится в организме повсюду, но больше всего его в жировой ткани, печени, мышцах гипофизе, семенниках, надпочечниках и ткани нервной системы.

Витамин K всасывается в тонком кишечнике путем пассивной и активной диффузии. Избыток витаминов A и E блокирует всасывание витамина K, возможно, в результате конкуренции за одно и то же место диффузии в проксимальном отделе тонкой кишки.

Водорастворимые витамины могут не накапливаться в организме или накапливаться в незначительных количествах, поэтому гипервитаминозов практически не наблюдается.

Витамин B₁ накапливается в мозге, сердце, почках, надпочечниках, печени, скелетных мышцах. Около 50 % всего тиамина в организме содержится в мышечной ткани.

Витамин B₂ слабо резервируется в организме, и при его недостатке в рационе быстро наступает авитаминоз у птиц, замедляется рост животных, ухудшается использование питательных веществ. В значительных количествах депонируется в тканях. Наибольшие количества рибофлавина обнаруживаются в миокарде, печени, почках, мозге.

Кислота пантотеновая – из желудочно-кишечного тракта всасывается хорошо. В больших количествах обнаруживается в ряде органов: сердце, печени, почках, надпочечниках.

Наибольшие концентрации витамина B₆ обнаруживаются в печени, миокарде, почках, которые являются его депо.

Витамин C частично депонируется в тканях (особенно много вещества обнаруживается в надпочечниках), выделяется с мочой.

6.5. Авитаминозы, гиповитаминозы и гипервитаминозы

При неудовлетворительном снабжении животных витаминами, во-первых, нарушаются образование ферментов, а, следовательно, протекание и регуляция биосинтеза, а во-вторых, нарушаются специфические функции клеток, что влечет за собой понижение продуктивности животных.

При продолжающейся витаминной недостаточности появляются признаки заболевания, наступают морфологические и функциональные изменения в клетках и тканях, которые известны как специфические незаразные болезни (авитаминозы). Заболевания, вызванные недостатком

нескольких витаминов, называют полиавитаминозами. Авитаминозные заболевания в нерезко выраженной форме называют гиповитаминозами. Гиповитаминозы бывают алиментарного происхождения (при недостаточном поступлении витаминов в организм с кормами) и эндогенного (при плохом усвоении витаминов организмом на почве всевозможных заболеваний животного). Предупредить или излечить авитаминозы можно только соответствующим витамином, дефицит которого ощущался в рационе.

Избыток витаминов в рационе также вызывает соответствующее заболевание – гипервитаминоз.

Дефицит витаминов в организме сельскохозяйственных животных далеко не всегда достаточно просто определить. Первым признаком является снижение продуктивности у животных из-за нарушения работы специфических клеток. Основным проявлением гиповитаминозов зачастую является снижение продуктивности у внешне здорового животного.

В дальнейшем в организме происходит нарушение обмена веществ. Искривляется система образования ферментов, в результате чего нарушается и регуляция биосинтеза. Также животные с недостаточным уровнем витаминов либо не приносят потомства вовсе, либо потомство рождается с настолько ослабленным организмом, что требует неотложного вмешательства специалиста.

6.6. Жирорастворимые витамины и последствия их недостаточности

Витамин А (*ретинол, антиксерофтальмический витамин*). Витамин А в основных растительных кормах, используемых в животноводстве, отсутствует, он находится только в животных кормах: в молозиве, молоке, желтках яиц, жире и печени пресноводных рыб, бараньем сале. В растениях витамин А содержится в виде провитаминов – каротинов, выделенных впервые из моркови (от лат. *carota* – морковь). Известны 3 типа каротинов: α -, β - и γ -каротины, отличающиеся друг от друга химическим строением и биологической активностью. Наибольшей биологической активностью обладает β -каротин, который, поступая с кормом в организм животных, под влиянием фермента каротиназы в стенках тонкого отдела кишечника, печени и крови превращается в ретинол.

Витамин А участвует в синтезе половых стероидов, гормонов коры надпочечников, необходим для процессов генерации энергии в клетке. Обеспечивает нормальное состояние эпителия кожи, дыхательных путей, пищеварительного тракта и половых органов. Влияет на стабильность и проницаемость клеточных и митохондриальных мембран, синтез нуклеиновых кислот, активацию аминокислот, прямо или косвенно участвует в передаче генетического кода.

Ретинол оказывает влияние на функцию желез внутренней секреции (гипофиз, надпочечник, щитовидная железа), что способствует повышению сопротивляемости организма ко многим инфекционным и инвазионным заболеваниям.

Витамин А участвует в регуляции синтеза белков, играет важную роль в формировании костей и зубов, а также жировых отложений, повышает содержание гликогена в мышцах сердца и в печени, необходим для роста новых клеток, замедляет процесс старения.

Критерием обеспеченности крупного рогатого скота каротином и витамином А является содержание каротина в сыворотке (0,9–2,8 мг%) и витамина А в плазме крови (0,8–5,3 мкмоль/л), а также их концентрация в печени, молозиве и молоке.

Истощение запасов витамина А в организме животных приводит к снижению продуктивности, нарушению функции воспроизводства, яловости, абортам, рождению слабого приплода и возможной его гибели в первые дни жизни, значительному снижению содержания витамина А в молозиве, молоке и крови, значительному снижению сопротивляемости организма к различным заболеваниям, особенно кишечным и легочным, плохому росту и развитию молодняка.

Недостаток витамина А приводит к ороговению стенок влагалища и матки, к огрублению волос и кожи век, чешуйчатости кожи, а длительная недостаточность приводит к чрезмерному набуханию, помутнению роговицы глаза и развитию ксерофтальмии животных.

По мере развития дефицита витамина снижается адаптация животного к темноте, развивается ночная слепота, возможно полная слепота животных (называемая куриная слепота), что легко обнаруживается, когда животное проходит мимо препятствий в сумерках. В запущенных случаях можно наблюдать жесткую походку (как на ходулях), припадки конвульсий, отек диска зрительного нерва. Первым признаком недостатка витамина А у стельных коров является сокращение периода стельности, высокий процент задержки плаценты.

А-гиповитаминоз, чаще всего развивается при длительных заболеваниях, связанных с желудочно-кишечным трактом и печенью. Болеет и взрослое поголовье, и молодняк. У лошадей кроме всего нарушается нормальное развитие копытного рога, а у птиц – ухудшается оплодотворяемость яиц и вывод цыплят, снижается сохранность молодняка и его сопротивляемость различным заболеваниям. У свиней при гиповитаминозе А отмечается рассасывание приплода и рождение слабых, уродливых поросят (рис. 6.1).



(<http://esuhorses.com/bolezni-kopyt-simptomu-i-lechenie>)

Рис. 6.1 – Гиповитаминоз витамина А

Пик заболеваемости регистрируется в начале весны.

Иногда для улучшения состояния здоровья достаточно более тщательно ухаживать за стойлом и улучшить питание. Но чаще без витаминной терапии не обойтись.

Витамин D (кальциферол) объединяет группу родственных соединений – D₁, D₂, D₃, D₄, D₅ и другие, которые являются производными стероида. Известно более 10 их производных, но практическое значение имеют только витамины D₂ и D₃ (кальциферолы), которые образуются из предшественников под действием ультрафиолетовых лучей.

Витамин D₂ образуется в скошенных растениях и дрожжах, а витамин D₃ – в организме животных.

После отмирания растений, эргостерин под действием ультрафиолетовых лучей превращается в витамин D₂ – эргокальциферол.

В организме животного под действием этих же лучей из эндогенно синтезирующегося и содержащегося в большом количестве в коже 7-дегидрохолестерина образуется витамин D₃ – холекальциферол.

По биологическому действию витамины D₂ и D₃ оказались равноценными для млекопитающих, но для птицы витамин D₃ в 30 раз превосходит по активности D₂.

Витамин D участвует в трех основных процессах – перенос кальция и фосфора через эпителиальные клетки слизистой кишечника в кровь; обмен кальция между кровью и костной тканью; повторное всасывание выделенных фосфора и кальция в почечных канальцах.

Кальциферолы связаны со многими жизненно важными процессами в организме. Они совместно с гормоном паращитовидной железы регулируют фосфорно-кальциевый обмен в организме животных, активизируют переход минеральных веществ из кровяного русла в костную ткань и тем самым способствуют костеобразованию, формированию скорлупы яиц, нормальному развитию эмбрионов.

Они оказывают влияние на обмен белков и углеводов, участвуют в регуляции деятельности желез внутренней секреции (паращитовидной, щитовидной, гипофиза, надпочечников), повышают сопротивляемость организма против заболеваний.

Недостаток витамина D в кормах обуславливает патологические изменения в мышечной, костной и особенно в нервной тканях, что является одной из причин заболеваний растущих животных – рахитом, а взрослых – остеомалацией, остеопорозом, тетанией (рис. 6.2).



(<https://studref.com/670060/meditsina/gipovitaminoz/>)

Рис. 6.2 – Недостаток витамина D

Характерными признаками рахита является деминерализация костяка, искривление конечностей, отечность суставов, горбатость, неустойчивая походка. Животные теряют аппетит, животные больше лежат, опираясь на запястные суставы.

При детальном исследовании костей рахитических животных обнаруживают сильно развитую хрящевую зону между эпифизом и диафизом, так как остеонидная часть не кальцифицируется, а ранее образовавшаяся костная ткань рассасывается. Содержание хрящевой массы в костях достигает 70 % против 30 % в нормальных костях. Нарушения в процессе окостенения легко обнаруживаются рентгенографией.

Одновременно с изменением химического состава костей изменяется и состав крови. Сильно снижается содержание неорганического фосфора (до 20–25 % нормы) при малом изменении содержания кальция: по этому показателю рахит отличают от кальциевой тетании, при которой резко падает содержание кальция в крови, а содержание фосфора остается в норме.

Признаками недостаточности кальциферолов у крупного рогатого скота, овец и свиней являются беспокойное состояние животных, извращение аппетита (облизывание шерсти, поедание земли), пониженное содержание фосфора, кальция и витамина в крови. У молодняка наблюдается замедленный рост, опухоль суставов, искривление конечностей, атония мышц, иногда, при снижении кальция в крови, случаются тетанические судороги – запрокидывание головы, пена изо рта. Телята, ягнята, поросята малоподвижны, встают и ходят с трудом. У взрослых животных отмечаются перегуды и яловость, послеродовые осложнения, деформация копыт, переломы конечностей. Рождаются слабый и нежизнеспособный молодняк.

При недостатке витамина D в рационах у птицы возникает также рахит – грудная кость искривляется, суставы конечностей утолщаются. Яйца получаются с тонкой скорлупой, в желтке образуется недостаточное количество витамина D, что заметно снижает инкубационные качества, цыплята вылупляются ослабленными и подверженными различным заболеваниям.

В организме кальциферолы откладываются в копытах, стенках кишечника, плазме, почках, печени. Считается, что при нормальных условиях летнего содержания у животных создаются запасы кальциферолов на 1–3 месяца за счет эндогенного биосинтеза их под воздействием ультрафиолетовых лучей солнца.

При содержании скота, свиней и птицы в помещениях без выгула на открытом воздухе животные должны в течение круглого года получать витамин D с кормами или периодически подвергаться ультрафиолетовому облучению. Организация зимних прогулок животных с точки зрения синтеза в организме витамина D не дает заметного эффекта.

Зеленые корма небогаты витамином D. В зернах и корнеклубнеплодах витамин D отсутствует. Поэтому в зимний период основным источником этого витамина для взрослых животных являются сено и силос. При

заготовке этих кормов в солнечную погоду из содержащегося в зеленых кормах провитамина-эргостерина под воздействием ультрафиолетовых излучений солнца образуется биологически активная форма витамина D₂. В искусственно высушенном сене или травяной муке витамина D₂ нет.

Потребность животных в витамине D установлена для всех видов и зависит от многих факторов, из которых главным является уровень продуктивности. Норму в витамине для животных обеспечивают главным образом путем введения добавок в рационы. Источниками кальциферолов служат масляные и спиртовые растворы концентратов эргокальциферола, рыбий жир, водно-жировая эмульсия эргокальциферола D₂, масляные растворы холекальциферола D₃, сухой концентрат эргокальциферола D₂ в виде облученных дрожжей, сухой стабилизированный концентрат холекальциферола D₃ «Видеин».

Крупный рогатый скот и свиньи наиболее рационально обеспечиваются витамином D путем скармливания облученных дрожжей, а в птицеводстве рекомендуются препараты витамина D₃ в виде казеинового концентрата.

Применение препаратов витамина D требует строгого нормирования, так как животным вреден, как его недостаток, так и его избыток. При избытке витамина происходит усиленная мобилизация кальция из пищи. D-гипервитаминозы обычно сопровождаются расстройством пищеварения.

Витамин E (токоферол) – жирорастворимый витамин. В природе существует 8 различных соединений, которыми представлен витамин E (α , β , γ , δ -токоферолы и α , β , γ , δ -токотриенолы), однако α -токоферол имеет самую высокую значимость для организма животных.

Важнейшей задачей витамина E является участие в клеточном дыхании, однако механизм его действия до сих пор не выяснен. Основными сферами действия витамина E считают обмен нуклеиновых кислот и влияние на деятельность передней доли гипофиза и коры надпочечников. Он стимулирует выработку тиреотропного и адренокортикотропного гормонов, а также гонадотропинов. Кроме того, токоферол способствует сохранению функции тестикулов у поросят, телят, петушков и препятствует рассасыванию плодов у свиноматок.

Большое значение имеет витамин E как жирорастворимый внутриклеточный антиоксидант, в первую очередь, для стабилизации ненасыщенных жирных кислот, предотвращая образование ядовитых продуктов перекисидации; предохраняя каротин и витамин A от окисления, способствуя лучшему усвоению их в организме животных и улучшает тем самым витаминный статус организма.

Токоферол нормализует функции органов размножения, участвует в обмене жиров, белков, углеводов в нервной и мышечной тканях, оказывает влияние на деятельность щитовидной железы. Он защищает мембраны клеток, белки, жиры и ДНК, улавливая свободные радикалы и не давая им распространяться в организме. Витамин E способствует нормальному росту и

предотвращает развитие мышечной дистрофии у телят, участвует в поддержании иммунитета животных, способствует нормализации работы нервной и мышечной систем.

Всасывается токоферол в тонком отделе кишечника и частично в желудке. Он встречается в организме практически во всех тканях. Однако в матке, тестикулах, надпочечниках и гипофизе его значительно больше, чем в других органах, что указывает на специфические функции этого витамина в названных органах. В печени витамин Е локализуется главным образом в активно участвующих в обмене веществ митохондриях и микросомах. Депонируется главным образом в печени и жировых тканях, частично в сердце и селезенке. Избыток витамина выделяется из организма в неизменном виде, в основном с калом.

Особенно важен витамин Е в сочетании с селеном для сохранения нормальной репродуктивной функции как тёлочек, так и бычков, а также для профилактики послеродовых заболеваний.

При недостатке токоферола происходит гибель эмбрионов, ожирение, некроз печени, анемия, изменения в сосудистой и нервной системах, нарушение депонирования жиров, возникновение экссудативного диатеза с отеками и кровоизлияниями. У телят и ягнят в этом случае развивается дистрофическая дегенерация сердечной и скелетной мускулатуры. Острая дегенерация сердечной мышцы может привести к внезапной остановке сердца, пораженные скелетные мышцы бросаются в глаза своей светлой окраской и воскообразной консистенцией (развитие мышечной дистрофии – беломышечная болезнь, а в тяжелых формах – паралич) (рис. 6.3).



(<https://agronomu.com/bok/7816-kak-lechit-belomyshechnuyu-bolezn-u-telyat.html>)

Рис. 6.3 – Беломышечная болезнь

У свиней находят желтое окрашивание шпика, некроз печени, язвы желудка, нарушения движений и мышечные судороги, у птицы – снижается количество вылупливания цыплят, отмечают энцефаломалацию и экссудативный диатез (рис. 6.4).



(<https://ptitcevod.ru/bolezni-ptic/bolezni-neinfekcionnoj-prirody/vitamin-e-v-racione-pticy.html>)

Рис. 6.4 – Недостаток витамина Е у кур

Недостаток витамина Е вызывает морфологические и функциональные изменения в органах размножения, приводящие иногда к бесплодию. Характерно, что маточный состав при Е-авитаминозе нормально оплодотворяется, но вскоре зародыш у них погибает и рассасывается. У производителей при длительном кормлении рационами, недостаточными по витамину Е, по мере расходования его запасов в организме ухудшается качество спермы, половые клетки становятся менее подвижными, число их уменьшается и, наконец, они совсем исчезают. Параллельно этому идут дегенеративные процессы в семенниках с резким уменьшением их массы.

Большое количество рыбьего жира в рационе быков приводит к Е-гиповитаминозу, сопровождающемуся общей дистрофией мышц, которая распространяется на группы мускулов, подвергшиеся особой нагрузке во время полового акта, и является причиной вторичной импотенции.

Основным источником витамина Е для животных являются растительные корма. Особенно богаты токоферолом растительные масла и зародыши зерновых культур, луговая трава, клевер, люцерна, травяная мука, неизмельченные семена. Корма животного происхождения и шроты маслянистых культур содержат мало витамина Е.

При сушке сена большая часть витамина Е теряется. Влажность и длительность хранения негативно влияют на стабильность витамина Е и его содержание. Особенно это заметно на консервированных зелёных кормах и зерновых культурах.

При недостатке в кормах витамина Е в рационы включают пророщенное зерно, гидропонную зелень и препараты токоферолацетат, кормовит, капсулит, гранувит, тривитамин и др.

Витамин К (филлохинон). Открыть витамин К удалось датскому ученому, сотруднику Копенгагенского университета Генриху Даму в 1929 году. Ученый установил, что геморрагическое заболевание цыплят вызвано недостатком вещества, которое содержится в печени, злаках и зелени. Вновь открытый фактор был назван витамином К от слова «свёртывание» (Coagulation).

К витаминам группы К относятся 2 типа хинонов: витамины К₁ (филлохинон) и К₂ (менахинон). Витамин К₁ синтезируются в зеленых растениях, К₂ – кишечной микрофлорой. Помимо витаминов К₁ и К₂, высокой антигеморрагической активностью обладает синтетический витамин К₃ – викасол.

Основная функция витамина К – участие в процессе образования протромбина из протромбиногена; основное физиологическое свойство – способствует свертыванию крови, усиливает противовоспалительное действие стероидных гормонов, оказывает влияние на регенерацию тканей, повышает устойчивость к инфекциям, обладает болеутоляющим действием при ожогах и отморожениях, лучевых поражениях, дерматозах с геморрагическим компонентом, при язвенных стоматитах, гингивитах, дерматомиозите.

Основная масса филлохинона, поступившего в организм, задерживается в печени, селезенке, сердечной мышце. Продукты обмена выводятся с мочой.

Биологическая роль этого витамина – участие в синтезе протромбина в печени через ферментную систему. Протромбин, являясь протеолитическим ферментом, расщепляет специфические пептидные связи растворимого белка, крови фибриногена, с образованием нерастворимого фибрина.

Витамин К необходим как стимулятор биосинтеза в печени белков-ферментов, участвующих в сложном процессе свертывания крови. Он подобно другим жирорастворимым витаминам имеет существенное значение для работы липиднобелковых мембран клеток и клеточных органелл, где он или его производные входят в состав липидной фракции.

Особый интерес представляет родственность химической природы витамина К с витамином Е и коэнзимом Q. Витамины К и Е как синергисты (действующие совместно) выполняют роль антиоксидантов, предотвращая разрушение других жирорастворимых витаминов.

Отмечено, что филлохинон повышает прочность капилляров, усиливает окислительное фосфорилирование в митохондриях мышц и печени, тормозит рост стрептококков, стафилококков, микобактерий и других болезнетворных микроорганизмов.

Одним из мощных антивитаминов витамина К является природное вещество дикумарол (дикумарин). Введение дикумарола вызывает резкое снижение в крови протромбина и ряда других белковых факторов свертывания крови и соответственно вызывает кровотечения. При коронарных тромбозах и тромбозах вен дикумарол способствует разжижению сгустка крови, оказывая эффективное лечебное действие.

В нормальных условиях содержания сельскохозяйственных животных протекает интенсивный микробный синтез менахинона в пищеварительном тракте организма. Поэтому гипо- и авитаминозы К встречаются у взрослых животных крайне редко.

При недостатке филлохинона у животных в печени образуется мало протромбина, понижается концентрация протромбина в крови и замедляется свертывание крови, одновременно наблюдается подкожная геморрагия – кровоизлияния в области шеи, груди, крыльев, конечностей и других местах.

Частой причиной гиповитаминоза К у новорожденных телят является ранняя замена цельного витаминизированного молока на искусственное безвитаминное или на обрат. Заболевание возникает при подавлении симбионтной микрофлоры пищеварительного тракта или при нарушении всасывания филлохинона в кровь. Это может быть связано с нарушением функционирования органов пищеварения, печени, при дисбактериозах, обусловленных бесконтрольным применением антибиотиков.

Достаточно остро ощущает дефицит витамина К сельскохозяйственная птица. Даже незначительные наружные или внутренние ранения птицы при недостатке витамина К могут привести к обильным кровоизлияниям в тканях

и органах, что часто приводит к гибели. У молодняка птицы часто кровоизлияние происходит в пищеварительный канал, печень, мышцы, носовые кровотечения, происходит отслоение кутикулы мышечного желудка. Кроме того, при недостаточном обеспечении племенных кур этим витамином увеличивается смертность эмбрионов. При скармливании цыплятам зеленых кормов или травяной муки дополнительно вводить в рационы препараты витаминов К не требуется.

Крупному рогатому скоту нельзя скармливать заплесневелые корма, так как из кумарина под влиянием плесневых грибов образуется дикумарин. Дикумарин содержится также в листьях донника. Скармливание крупному рогатому скоту зеленой массы или сена из донника вызывает так называемую донниковую болезнь.

Поросятам для устранения дефицита и обеспечения потребности организма в филлохиноне рекомендуется в первые дни жизни скармливать препараты, содержащие этот витамин.

Источниками витамина К для животных являются зеленые листья растений, травяная мука люцерны, горох, бобы. Сравнительно богаты витамином силос, хорошее сено, ботва корнеплодов, водоросли, томаты, семена конопли, соя. Из растительных масел наибольшее количество витамина К содержится в арахисовом и соевом.

Зерновые злаковые корма и корнеплоды, а также молоко и яйца бедны витамином К.

6.7. Водорастворимые витамины и последствия их недостаточности

К водорастворимым витаминам относятся, прежде всего, витамины группы В. Эти витамины сходны между собой по физиологическому действию. Они принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, входят в состав многих ферментов, которые ускоряют многочисленные биохимические реакции в клетках животного организма. Таким образом, они участвуют в обмене белков, жиров и углеводов. Эти витамины синтезируются высшими растениями, бактериями и дрожжами, в том числе и микрофлорой пищеварительного тракта жвачных животных.

Микроорганизмы, обитающие в пищеварительном тракте жвачных животных, главным образом в рубце, в процессе своей жизнедеятельности синтезируют витамины этой группы, за исключением никотиновой кислоты и холина. Поэтому жвачные животные не нуждаются в поступлении с кормами витаминов группы В и, как правило, не страдают от их недостатка. Исключение составляет молодняк в первые месяцы жизни, пока у него не развита рубцовая микрофлора. Потребность молодняка в витаминах в этот период обеспечивается за счет поступления их с молоком. У животных с однокамерным желудком микроорганизмы обитают в задних отделах кишечника и витамины группы В синтезируются в них слабо. Поэтому

свиньи и птица нуждаются в кормах с большим содержанием витаминов этой группы.

Витамины группы В относят к группе водорастворимых, которые в отличие от жирорастворимых не накапливаются в организме или откладываются в нем лишь в небольшом количестве, поэтому они должны непрерывно поступать с кормом. Установлено, что даже кратковременный перерыв в их поступлении вызывает снижение активности многих ферментов или ферментных систем. В результате происходит торможение соответствующих процессов обмена веществ, а затем снижается продуктивность животных и ослабляется их резистентность. Поэтому недостаток витаминного питания следует устранять своевременно.

Витамин В₁ (тиамин) имеет несколько названий – аневрин, бетаин, бетавитамин, физанин, бевитал.

Тиамин играет важную роль в белковом, жировом и фосфорном обменах, он является коэнзимом, который помогает организму производить энергию. Соединение тиамин с фосфором образует кокарбоксил – кофермент, который вместе с белком формирует декарбоксилазу, участвующую главным образом в декарбоксилировании пировиноградной кислоты, играет важную роль в углеводном обмене животных. Являясь катализатором в биохимических процессах жизнедеятельности животного, он оказывает влияние на образование гликогена из глюкозы, на превращение фруктозы в глюкозу, на синтез углеводов из молочной и пировиноградной кислот, на всасывание углеводов, а также синтез жирных кислот из углеводов.

Так как тиамин накапливается в скелетных мышцах, мозгу, сердце, печени и почках, он влияет на нормальный рост и развитие организма, особенно молодняка раннего возраста, поддерживает работу таких органов, как сердце и желудок.

Витамин В₁ легко всасывается в кишечнике, но не накапливается в тканях до токсических свойств, избыток пищевого тиамин быстро выводится с мочой.

При недостатке витамина В₁ образование декарбоксилазы нарушается, в крови, тканях и мозгу накапливаются молочная и пировиноградная кислоты, вызывая токсикоз, в результате чего нарушается водный, жировой, углеводный и белковый обмен, поражается нервная система, мышцы, органы пищеварения и железы внутренней секреции, нарушение функционирования сердечно-сосудистой системы, происходит кровоизлияние в сердечную мышцу.

К недостатку витамина наиболее чувствительны птица (цыплята, индюшата), телята, ягнята, лошади. Кроме нарушения нервной деятельности (парезы и параличи) нарушается функционирование пищевого канала (уменьшается секреция пищеварительных желез, атония, отсутствие аппетита), резко падает продуктивность.

У птиц наблюдается взъерошенное оперение, слабость, дегенерация мышечного желудка, паралич конечностей и шейной мускулатуры с характерным судорожным запрокидыванием головы на спину при конвульсиях (апистотонус) (рис. 6.5).



(<http://www.efaun.ru/gipovitaminoz-i-avitaminoz-v1-u-ptic>)

Рис. 6.5 – В₁-гиповитаминоз

У взрослой птицы снижается яйценоскость и оплодотворяемость яиц.

У свиней наблюдается атрофия сердечной мышцы, нарушается воспроизводительная способность, у лошадей происходит расстройство координации движений.

Биохимические нарушения при авитаминозе В₁ проявляются развитием отрицательного азотистого баланса, выделением в повышенных количествах с мочой аминокислот и креатина, накоплением в крови и тканях α -кетокислот, а также пентозосахаров.

Авитаминоз может развиваться при скармливании растений и микроскопических грибов, содержащих фермент тиаминазу (папоротник орляк, солома, пораженная грибом *Acrospires*).

У жвачных витамин В₁ синтезируется микрофлорой желудочно-кишечного тракта, поэтому взрослые животные в тиамине корма не нуждаются. В обычных рационах тиамин достаточно для нормальной жизнедеятельности организма животных. Однако, стрессы и наличие антагонистов витамина В₁ вызывает необходимость применять синтетический тиамин.

Зеленые растения и качественное сено являются хорошим источником витамина В₁. Корнеплоды и протеиновые корма животного происхождения содержат мало витамина В₁. Во всех остальных кормах он находится в достаточном количестве: трава бобовых – от 1–2 до 10 мг/кг, сено – 2–3, зерновые содержат 3–4,9 мг, горох – 8,5, соя – 12, животные корма – 0,3–0,8, дрожжи кормовые, гидролизные – до 80 мг/кг. За международную единицу витамина В₁ принято 3 мкг кристаллического тиамин-гидрохлорида.

Препараты витамина и корма, богатые витамином, применяют при лечении полиневритов и невритов, неврозов, стенокардии, нефритов и др. заболеваний.

Витамин В₂ (рибофлавин). Биологическая роль рибофлавина определяется, прежде всего, его участием в окислительно-восстановительных

реакциях в организме. Он важнейший катализатор процессов клеточного дыхания, участвует в углеводном, белковом и жировом обменах.

В организме животных рибофлавин принимает участие в синтезе многих ферментов (желтый дыхательный фермент, оксидаза аминокислот и др.), которые катализируют окислительно-восстановительные реакции в клетках. Он взаимодействует с АТФ, образуя флавины, участвующие в переносе водорода и регулировании энергетического обмена.

Флавопротеиды воздействуют на белковый обмен, катализируют превращение аминокислот. Они необходимы для синтеза и распада жирных кислот, окисления глюкозы, альдегидов, гипоксантина. Флавины также играют важную роль в поддержании нормальной функции глаз, половых желез, нервной системы, в синтезе гемоглобина крови.

Рибофлавин входит в состав зрительного пурпура, защищая сетчатку глаза от воздействия УФ излучения, участвует в обеспечении светового и цветового зрения (наряду с витамином А), повышая темновую адаптацию и остроту зрения.

Витамин В₂ необходим для образования эритроцитов, антител, для регуляции роста и репродуктивных функций в организме. Он также необходим для здоровья кожи, ногтей, роста волос и в целом для здоровья всего организма, включая функцию щитовидной железы. Рибофлавин участвует в обмене метионина, лизина и триптофана, а также необходим для превращения витаминов В₆ и В₁₂ в коферментные формы.

Витамин В₂ широко распространен в природе. Он синтезируется многими растениями, дрожжами, низшими грибами, а также некоторыми бактериями. В желудочно-кишечном тракте многих животных содержатся бактерии, продуцирующие рибофлавин, но в небольших количествах.

Недостаток витамина В₂ в рационе животных приводит к снижению его содержания в печени и других органах на 40–70 % по сравнению с нормой. Это приводит к глубоким расстройствам во внутриклеточном обмене. При этом снижается синтез флавопротеидных ферментов, вследствие чего нарушаются процессы окисления органических веществ, и отмечается выделение с мочой аминокислот триптофана, гистидина, треонина, фенилаланина в неизменном виде. Отмечается резкое снижение продуктивности животных, замедление роста вплоть до полной остановки. Даже при незначительном недостатке витамина В₂ отчетливо снижается отложение белка в теле интенсивно растущих животных.

Заболевания, связанные с недостатком рибофлавина, встречаются у птицы, свиней и реже у телят.

У взрослой птицы недостаток рибофлавина приводит к снижению яйценоскости, инкубационных качеств яиц и высокой эмбриональной смертности. Из яиц выводятся слабые цыплята с дефектом пера. Цыплята плохо растут, слабеют, у них на 8–10 день появляется понос. У молодняка птицы гиповитаминоз проявляется в опухании пяточного сустава,

скрючивании пальцев, искривлении ног. Острый авитаминоз приводит к полному параличу конечностей (рис. 6.6).



(<https://ptitcevod.ru/bolezni-ptic/bolezni-neinfekcionnoj-prirody/vitamin-v2-v-racione-pticy.html>)

Рис. 6.6 – Недостаток рибофлавина у кур

У холостых свиноматок при недостатке рибофлавина снижается оплодотворяемость, у супоросных может произойти рассасывание или мумификация эмбрионов, они приносят мертвых или слабых поросят. При недостатке витамина В₂ в рационе поросята отстают в росте, у них происходит огрубение волосяного покрова и кожи, появляется экссудат вокруг глаз и ушей, возникают поносы, рвота, повышенная возбудимость. У растущих свиной В₂-авитаминоз характеризуется воспалением кожи и слизистой оболочки кишечника, выпадением щетины, скованностью походки.

У телят признаки недостаточности рибофлавина могут проявляться в первые недели жизни, когда основным источником витамина для них служит молоко. Отмечается снижение аппетита, поносы, выпадение шерсти, выделение слизи и слюны. У них снижается энергия роста, наблюдается обильное слезотечение, взъерошенность шерсти, воспаление пуповины.

Клинические проявления недостаточности рибофлавина лучше всего изучены на экспериментальных животных. Помимо остановки роста, выпадения волос, характерных для большинства авитаминозов, специфичными для авитаминоза В₂ являются воспалительные процессы слизистой оболочки языка (глоссит), губ, особенно у углов рта, эпителия кожи и др. Наиболее характерны кератиты, воспалительные процессы и усиленная васкуляризация роговой оболочки, катаракта (помутнение хрусталика).

Дефицит рибофлавина чаще всего наблюдается у животных на зерновых рационах без введения специальных добавок или их содержание ниже оптимального уровня, или при длительном хранении кормов.

Из кормовых средств зерно злаковых культур и корнеклубнеплоды содержат мало рибофлавина. Хорошим источником рибофлавина являются отруби и жмыхи, свежая зелень, рыбная мука, молочные корма. Наиболее богаты рибофлавином травяная мука из люцерны (20 мг/кг), сухое обезжиренное молоко (18 мг/кг) и кормовые дрожжи (60 мг/кг).

Из синтетических препаратов используют синтетический рибофлавин, рибофлавин кормовой микробиологического синтеза, кормовой гранулит В₂.

Витамин В₃ (*пантотеновая кислота*). Пантотеновая кислота относится к антипеллагрическим витаминам. Наиболее важная биологическая функция состоит в том, что она является составной незаменимой частью кофермента А (КоА), биологическая функция которого состоит в окислении и синтезе жирных кислот, окислительном декарбоксилировании кетокислот, участии в биосинтезах нейтральных жиров, фосфатидов, порфиринов, участии в процессах детоксикации ксенобиотиков, является связующим звеном между обменом аминокислот, углеводов и липидов.

Пантотеновая кислота участвует в синтезе ацетилхолина и стероидных гормонов, в окислительном распаде уксусной кислоты до углекислоты и воды, необходим для нормальной функции тканей, роста и пигментации волос. Витамин В₃ – антидерматический фактор для птиц, свиней.

При недостаточности или отсутствии пантотеновой кислоты у животных развиваются дерматиты, поражения слизистых оболочек, дистрофические изменения желез внутренней секреции (в частности, надпочечников) и нервной системы (невриты, параличи), изменения в сердце и почках, депигментация волос, шерсти, прекращение роста, потеря аппетита, истощение, алопеция. Все это многообразие клинических проявлений пантотеновой недостаточности свидетельствует об исключительно важной биологической роли ее в метаболизме.

При В₃-гиповитаминозе поросята отстают в росте, у них развивается дерматит, грубеет волосяной покров, выпадает щетина, нарушаются гибкость суставов и координация движений (гусиный шаг), из глаз истекает темный экссудат, из носа выделяется слизь, появляются желудочно-кишечные заболевания, язвенный колит, ректальная геморрагия, жировая дегенерация печени. Молодые свинки становятся бесплодными из-за инфантильности половых органов или атрофии яичников, у взрослых супоросных маток плод чаще всего погибает, наблюдаются резорбция и агалактия. У супоросных свиноматок нарушаются функции воспроизводства – рассасывание эмбрионов.

Недостаток витамина В₃ в организме птицы вызывает у молодняка задержку роста, дерматиты, плохое, неравномерное оперение и поражение нервной системы с массовыми параличами. У взрослой птицы при недостатке витамина В₃ нарушаются функции воспроизводства – гибель эмбрионов в последние дни инкубации яиц или вывод слабых цыплят. Дефицит пантотеновой кислоты может возникнуть при скармливании кормов, подвергнутых варке или автоклавированию, при поражении желудочно-кишечного тракта или печени, а также при недостатке в рационе других витаминов (В₁₂, С, фолиевой кислоты).

В₃-авитоминоз вызывает общие для животных и птицы симптомы: прекращение роста и потерю живой массы, понос, рвоту, гипертрофию надпочечников и их гиподисфункцию. В случае острой недостаточности

пантотеновой кислоты симптомы не успевают проявиться из-за быстрой гибели животных.

Микрофлора в рубце жвачных животных способна синтезировать витамин В₃, о чем свидетельствует его выделение с калом и мочой в большем количестве, чем поступает с кормами. Источником пантотеновой кислоты для телят является молозиво и молоко.

Хорошим источником витамина В₃ служат дрожжи сухие – 100 мг/кг, жмых подсолнечный – 27 мг/кг, отруби пшеничные – 25, травяная мука – 21, горох – 20, мука рыбная – 13; наиболее бедны корнеклубнеплоды и зерно злаковых культур – 7–10, картофель – 5, мясокостная мука – 3–5 мг/кг.

Недостаток витамина В₃ в кормовых рационах покрывают за счет добавок синтетического препарата – пантотената кальция.

Витамин В₄ (холин) впервые был выделен из желчи свиней в 1849 году. Биологическая роль холина стала известна значительно позже, когда было показано, что он является структурным компонентом лецитина, но прежде всего составной частью биологически активного ацетилхолина – важнейшего передатчика нервного импульса.

В отличие от других витаминов группы В холин не является катализатором обменных процессов в организме, но он необходим как липоидный фактор, активизируя образование фосфолипидов в печени и тем самым предупреждая развитие жировой инфильтрации этого органа.

В организме животных синтезируется не свободный холин, а холин в составе фосфолипидов. При белковой недостаточности, которая в свою очередь может быть связана с дефицитом белка в пище или эндогенного происхождения, развиваются симптомы холиновой недостаточности: жировая инфильтрация печени, геморрагическая дистрофия печени и почек, нарушение процесса свертывания крови. Наиболее специфический симптом – нарушение жирового обмена (рис. 6.7).



(<https://www.agroxxi.ru/zivotnovodstvo/stati/zhirovaja-distrofija-pecheni-u-korov.html>)

Рис. 6.7 – Жировое перерождение печени

Холин не синтезируется кишечной микрофлорой, но образуется в печени животных в достаточных количествах.

При недостатке холина у свиней огрубевают кожа и волосяной покров, понижается гибкость суставов, нарушается координация движения и возрастает падеж молодняка. У супоросных маток снижается плодовитость,

появляется мертворожденное потомство, снижается молочность. Особенно резко реагируют на недостаток холина поросята в первые месяцы жизни. У поросят недостаток витамина В₄ приводит к расстройству движений, жировому перерождению печени, почечным некрозам, повышению резервной щелочности в крови, снижению жизнеспособности.

У В₄-гиповитаминозной птицы нарушается липидный обмен, в результате перерождается печень, молодняк плохо растет. У взрослой птицы снижается яйценоскость и выводимость цыплят. У цыплят и индюшат отмечается плохой рост и перозис. Поражается связочный аппарат и суставы. Холин в комплексе с марганцем и никотиновой кислотой предупреждает появление перозиса у птицы (рис. 6.8).



(<https://uvt.com.ua/ptitsa/kategorii-bolezney-ptits/bolezni-obmena-veshchestv-u-ptitsy/perozis-u-ptits/>)

Рис. 6.8 – Перозис у птиц

Особенно чувствительны к дефициту холина индюшата. У птицы первым признаком недостаточности витамина В₄ является снижение энергии роста и яйценоскости.

В молозиве и молоке коров содержится достаточное количество витамина В₄, поэтому недостаток витамина у телят отмечается только при использовании с первых дней жизни заменителей цельного молока.

Большая часть холина, поступающего в организм дойной коровы вместе с кормом, разрушается под действием агрессивной среды рубца. Усваивается лишь малая доля вещества, успевшая попасть в тонкий отдел кишечника. Таким образом, организм жвачного животного всецело рассчитывает на синтез холина собственными силами.

Материнские запасы холина исчерпываются в течение беременности и лактации животных. Плод требует больших количеств холина, и концентрация его в 10 раз больше, чем в крови матери. Первый признак нехватки холина в рационе дойных коров – жировое перерождение печени во время отела.

Содержание холина в зерне составляет в среднем 0,45–1,1 г/кг, дрожжах – до 4, рыбной муке – 3, шротах – 1,6–2,8 г/кг. Из злаковых самые богатые холином – рожь и пшеница, соответственно 500 и 1100 мг/кг.

Витамин В₅ (никотинамид, никотиновая кислота, ниацин, витамин РР, антипеллагрический витамин). Никотиновая кислота была получена

немецким химиком Губертом в 1866 г., путем окисления выделенного из табака никотина. Но вплоть до 40-х годов XX века никто не подозревал, что никотиновая кислота обладает витаминным действием. Ее признали витамином после того, как оказалось, что она прекрасно вылечивает пеллагру. Клиническая картина пеллагры характеризуется тремя основными проявлениями – диарей, дерматит и деменция.

В организме животных никотиновая кислота включается в группу ферментов, являющихся переносчиками водорода, поддерживающих тканевое дыхание клеток и осуществляющих окисление молочной, яблочной, глутаминовой и других кислот, т.е. участвует в углеводном, белковом и жировом обмене, контролирует нервную и сердечно-сосудистую системы, стимулирует желудочное сокоотделение и регулирует функцию поджелудочной железы.

Вместе с витаминами В₁ и В₂ никотинамид принимает участие в процессах энергетического обмена. Он присоединяется к белкам и создаёт совместно с ними несколько сотен различных ферментов, которые и превращают запасы углеводов, жиров и белков в живых клетках в энергию.

Никотиновая кислота накапливается, в основном, в печени, а также в жировой ткани и в почках.

Жвачные не испытывают недостаток в витамине В₅ благодаря способности бактерий рубца синтезировать его, а кроме того, он синтезируется в тканях при превращении триптофана в никотиновую кислоту (из 60 мг триптофана образуется 1 мг никотиновой кислоты) при участии пиридоксина (витамина В₆) и рибофлавина (витамина В₂). Между содержанием никотиновой кислоты и триптофаном существует зависимость: при достаточном содержании в рационе никотиновой кислоты потребность в триптофане снижается, тогда как при ее дефиците она повышается. Поэтому при составлении рационов необходимо учитывать содержание не только никотиновой кислоты, но и триптофана.

Никотиновая кислота – антипеллагрический фактор для свиней, птицы и кроликов. Нехватка витамина В₅ провоцирует проблемы с обменом веществ. У поголовья страдают наружные покровы, кровь, нервная система, половые органы. Молодое поголовье вырастает бесплодным, основная причина – нарушение работы мочеполовой системы и атрофии яичек у самцов.

При недостатке в организме витамина В₅ у свиней развивается пеллагра, характерными признаками которой являются поражение кожи, кишечника и нервной системы. Эти симптомы возникают в результате нарушения тканевого дыхания, межклеточного обмена и изменения функций всех органов и систем. Пеллагра у свиней может протекать в двух формах: острой и затяжной. Острая форма встречается чаще всего у молодняка и выражается экзематозным поражением кожи туловища с образованием струпуев в виде черной корки. Вначале изменения со стороны кожи (эритемы, отечность, сыпь, пустулы, изъязвления) обычно расположены

симметрично. В дальнейшем они охватывают всю поверхность кожи головы, шеи, туловища, конечностей. Корки, образовавшиеся на коже конечностей, затрудняют движение больных животных (рис. 6.9).



(<https://fermilon.ru/hozyajstvo/zhivotnovodstvo/svini-i-porosityata-ploho-edyat-i-ne-rastut-cto-delat.html>;
<https://vetvo.ru/gipovitaminoz-b5-pellagra.html>)

Рис. 6.9 – Поражение кожи, пеллагра

У поросят отмечаются анемия, отставание в росте, потеря аппетита, слюнотечение, слизистая оболочка десен и щек набухшая и гиперемирована, иногда изъязвлена, язык воспален, нарушение пищеварения (запоры сменяются изнурительными поносами). Наблюдаются депрессия, расстройство координации движений, судороги, больные поросята больше лежат. У супоросных свиноматок отмечается низкая плодовитость и рождение нежизнеспособных поросят, которые погибают в первые дни жизни.

У взрослой птицы при дефиците никотиновой кислоты также возникает пеллагра. При этом снижаются яйценоскость и выводимость цыплят. Птенцы, страдающие недостаточностью никотинамида, отстают в росте, оперение у них взъерошено. Они истощены, в углах клюва отчетливо заметны твердые струпьевидные образования. Края век имеют зернистый вид, и на них развиваются маленькие струпы. Часто веки склеиваются вследствие выделения вязкого экссудата, просвет глаз сужается, в связи с чем ограничивается поле зрения. Медленно развивается процесс образования струпьев из кератинизированного эпителия кожи. Между пальцами и на ступнях кожа иногда шелушится, на этих местах появляются неглубокие трещины; они увеличиваются в размере и углубляются, так что птенцы могут передвигаться не очень долго. В некоторых случаях кожа конечностей молодых несформированных птенцов ороговеет, на разных местах конечностей появляются бородавкообразные образования. Недостаточность никотиновой кислоты у птенцов приводит к повреждениям двенадцатиперстной кишки и поджелудочной железы.

Дефицит витамина В₅ у телят проявляется при выращивании их с использованием заменителей цельного молока, не содержащих триптофана. При этом у телят отмечается потеря аппетита, поносы, слабость и внезапная гибель.

Никотиновая кислота содержится во всех растительных кормах. Хорошим источником витамина В₅ являются дрожжи (300–400 мг/кг),

пшеничные отруби (150–200 мг/кг). В молозиве содержится от 1,3 до 2 мг/л ниацина, в коровьем молоке – 1,5 мг/л, свином – 8 мг/л. Однако следует учитывать, что в зерне злаковых культур никотинамид содержится в связанной форме и плохо усваивается организмом, поэтому в комбикорма необходимо добавлять синтетические препараты никотиновой кислоты.

Наиболее распространенное название витамина В₅ – пантотеновая кислота. Но в номенклатуре Международного союза по чистой и прикладной химии пантотеновой кислотой обозначен витамин В₃.

Витамин В₆ (пиридоксин). Этот витамин существует в трех формах, которые в организме животных способны превращаться одна в другую. Исходное вещество называется пиридоксином, его альдегидное производное – пиридоксаль, а амин – пиридоксамин. Биологическая роль пиридоксина определяется его участием в аминокислотном обмене и построении фермента фосфоорилазы, расщепляющей гликоген.

Он входит в состав ферментов, принимающих участие в белковом обмене путем осуществления реакций переаминирования, дезаминирования и декарбоксилирования аминокислот, превращая триптофан в никотиновую кислоту, линолевой кислоты в арахидоновую и др., повышает активность защитных факторов микроорганизмов, способствует сохранению гликогена в печени и мышцах, а также синтезу жира из белка.

С помощью витамина В₆ осуществляется связь белкового и энергетического обмена, он принимает участие в жировом обмене, в образовании жирных кислот и способствует лучшему использованию насыщенных жирных кислот. Витамин В₆ оказывает влияние на всасывание витамина В₁₂, который при его недостатке не только меньше всасывается, но и больше выводится из организма. Пиридоксин необходим для нормального обмена триптофана, метионина, цистина, глутаминовой кислоты и некоторых других аминокислот.

При продолжительном дефиците пиридоксина в рационе свиней возникают симптомы гипо- и авитаминоза: поражение нервной системы с развитием судорог, возникают эпилептические припадки, анемия, дерматиты, извращенный аппетит, ухудшение использования азота и энергии корма, нарушение процесса размножения, выделение с мочой зеленого пигмента – ксантуриновой кислоты, как результат нарушения обмена триптофана, снижение белковых фракций в сыворотке крови, особенно глобулинов.

У поросят раннего возраста снижается аппетит, задерживается рост, наблюдаются желудочно-кишечные расстройства, повышенная возбудимость, судороги, анемия, дерматит, выпадение волос, падеж молодняка.

У птиц дефицит пиридоксина снижает эффективность использования белка корма, вызывает нарушения в углеводном и жировом обмене, отмечается атрофия селезенки, зубной железы, появляются параличи, зигзагообразные движения с опущенной головой, цыплята «салятся» на ноги, передвигаются с трудом, в тяжелых случаях лежат распростертыми, голова

запрокинута. Обычно такой молодняк погибает. У взрослых птиц снижается яйценоскость и выводимость.

У телят при недостатке этого витамина также могут возникнуть судороги, снижается аппетит и приостанавливается рост.

Витамин В₆ синтезируется в организме животных микрофлорой желудочно-кишечного тракта в недостаточных количествах. Поэтому основной источник витамина для них – корма. Наиболее богатые источники витамина В₆ – кормовые дрожжи (30 мг/кг), пшеничные отруби (18 мг/кг), люцерновая мука (8 мг/кг), трава клевера (5 мг/кг). Большинство кормов животного происхождения содержит его относительно мало.

В некоторых кормах (льняной жмых, некоторые бобовые) обнаружены антагонисты витамина В₆ (фтивазид, тубазид, дезоксипиридоксин и др.), которые вмешиваются в обмен веществ и тем самым создают завуалированную картину авитаминоза.

Витамин В₇ (Н, биотин). Биотин является наиболее распространенным витамином в животных и растительных тканях. Он принимает участие в обмене белков, углеводов, в окислении триптофана и превращении его в никотиновую кислоту, а также необходим для синтеза нуклеиновых и жирных кислот и нормальной функции нервной системы. Биотин – компонент специфических ферментов, которые катализируют реакции карбоксилирования.

В животном организме биотин входит в состав ферментов транскарбоксилаз, которые регулируют обмен диоксида углерода и образование из него органических соединений (мочевины, пуринов). Биотин принимает участие в синтезе лейцина и изолейцина, сывороточных альбуминов крови и фермента амилазы. Таким образом, биотин животным необходим для белкового, жирового и углеводного обмена.

Этот витамин является фактором роста дрожжей и отдельных видов бактерий.

Авитаминоз и гиповитаминоз биотина возникают при отсутствии и недостатке витамина особенно у цыплят и индюшат, а также у свиней при скармливании им яичного белка, в котором находится гликопротеин авидин, образующий с биотином нерастворимый комплекс, нерасщепляющийся в желудочно-кишечном тракте, поэтому биотин не всасывается хотя и имеется в кормах. У животных наблюдаются гиперемия кожи, дерматиты, сопровождающиеся выделением жира сальными железами (себоррея), отекают конечности, выпадает шерсть, у птиц выпадают перья, вокруг глаз формируются отежные ободки, у птиц отмечается деформация костей, высокая эмбриональная смертность (рис. 6.10).



(<https://en.ppt-online.org/296648>;

<https://www.petspoint.ru/articles/gipovitaminozy-129/nedostatochnost-biotina.html/>)

Рис. 6.10 – Недостаток биотина у птицы

Недостаток биотина часто путают с гиповитаминозом В₃, так как в обоих случаях наблюдаются дерматиты. Разница в том, что при недостатке биотина поражается только кожа конечностей, а пантотеновой кислоты – на голове. Крупный рогатый скот в нормальных условиях не испытывает недостатка в этом витамине, так как микрофлора пищеварительного тракта продуцирует его в количествах, необходимых для восполнения потерь организма.

Новорожденные поросята могут испытывать недостаток биотина при малом содержании витамина в молоке свиноматки как главного источника.

Достаточно высокое содержание биотина отмечено в кормовых дрожжах – 0,6–2,3 мг/кг, мясокостной муке – 0,6, траве и зерне – 0,05–0,18 мг/кг.

Витамин В₁₂ (цианкобаламин) – антианемический фактор. Этот витамин необходим для нормального кроветворения – для образования форменных элементов крови (эритроцитов, лейкоцитов) в костном мозге; участвует в синтезе нуклеиновых кислот и аминокислот (метионина и др.), в обмене белка, жира и углеводов. Он стимулирует образование в организме холина, глутатиона.

Цианкобаламин – единственный из витаминов, содержащий в своей молекуле металл – кобальт, синтезируется только микроорганизмами и депонируется в печени животных. В организме животного активными формами витамина В₁₂ являются аденозилкобаламин и метилкобаламин, функционирующие как ферменты.

Отсутствие или недостаток в кормах витамина В₁₂ или кобальта, в кровеносной системе появляются незрелые и очень большие эритроциты, атрофируется слизистая оболочка желудка, отмечается резкое снижение кислотности желудочного сока, поражается нервная система, задерживается рост, снижается продуктивность, отмечается паралич конечностей, высокая эмбриональная смертность. В результате происходят желудочно-кишечные заболевания, при которых нарушается всасывание витамина и синтез его микробами.

Для активного процесса всасывания витамина В₁₂ в тонкой кишке обязательным условием является наличие в желудочном соке особого белка – гастромукопротеина, получившего название внутреннего фактора Касла, который связывает витамин В₁₂ в особый сложный комплекс.

В цианкобаламине нуждаются все виды животных. Более чувствительны к недостатку витамина В₁₂ птица и свиньи.

У жвачных он образуется в желудочно-кишечном тракте в количестве, доступном для минимального покрытия их потребности в кобаламинах. Однако при недостаточном уровне кобальта в рационе у них нарушается синтез этого витамина микрофлорой рубца, что приводит к резкому снижению аппетита, нарушению обмена и развитию злокачественной анемии. У телят при скармливании заменителя цельного молока наблюдается прекращение роста, снижается аппетит и отмечаются нарушения координации движения.

Кобаламиновая недостаточность у птицы задерживает рост цыплят, оперяемость, вызывает злокачественную анемию (малокровие), может даже вызывать падеж. У кур, индеек снижается яйценоскость, выводимость яиц, гибель эмбрионов, наблюдаются атрофия мышц ног, геморрагия и признаки перозиса. У цыплят-бройлеров появляется синдром «бледного мяса» и дерматит конечностей.

У свиноматок при недостаточности витамина В₁₂ снижается оплодотворяемость, плодовитость, молочность, жизненность приплода и его развитие в первые месяцы жизни. У поросят-отъемышей наблюдают снижение интенсивности роста, огрубение волосяного покрова и кожи, нарушение обмена серосодержащих аминокислот, а также синтеза белка и нуклеиновых кислот.

Витамин В₁₂ в кормах содержится в достаточно широких пределах: в рыбной муке – 30–300 мкг/кг сухого вещества, мясокостной – 80–100, соежмыхом рубца – 100–300, сапропелях – 1000–1200, зеленых водорослях – 500–1000, сухом обезжиренном молоке – 20–60 мкг.

Витамин В_с (фолиевая кислота). Термин фолиевая кислота по существу объединяет три ассоциированных соединения, которые состоят из птеринового ядра, парааминобензойной кислоты и соответственно один, три и семь остатков глютаминовой кислоты. Она является антианемическим фактором.

Фолиевая кислота играет ключевую роль в биосинтезе белков и нуклеиновых кислот, она тесно связана с витамином В₁₂, способствуя синтезу метионина и холина. Фолиевая кислота предупреждает жировую инфильтрацию печени, принимает участие в распаде гистидина и взаимопревращениях глицин-серина.

Наряду с биотином и цианкобаламином, фолиевая кислота необходима организму для образования эритроцитов и лейкоцитов крови, поэтому при гиповитаминозе В_с нарушается процесс созревания в костном мозге форменных элементов. Установлено, что при недостаточности фолиевой

кислоты нарушается процесс биосинтеза ДНК в клетках костного мозга, в которых в норме осуществляется эритропоэз.

У птиц фолиевая кислота стимулирует рост и оперение, при ее недостатке депигментируется перьевой покров, наблюдается искривление клюва, появляются болезни конечностей. У цыплят и несушек отмечается расстройство пищеварения, замедляется рост, снижается яйценоскость, ухудшаются инкубационные качества яиц, проявляются параличи отдельных частей тела, уродства эмбрионов и отеки.

У свиней недостаток фолиевой кислоты может развиваться при длительном кормлении вареными кормами и применении сульфаниламидов и антибиотиков. Недостаточность проявляется в слабости, анемии и выпадении щетины, отмечена потеря аппетита, малокровие, снижение плодовитости и молочности маток.

У жвачных животных отмечается анемия, снижение активности пищеварительных ферментов. При выращивании ягнят на искусственном молоке также отмечается авитаминоз, при этом снижается уровень лейкоцитов в крови и несколько повышается лимфоцитоз. Кроме того, это заболевание сопровождается также пневмонией и диспепсией

Витамин В_с в значительном количестве синтезируется зелеными растениями и микроорганизмами, в том числе и обитающими в желудочно-кишечном тракте животных и птицы. Содержание фолиевой кислоты в кормах составляет: зерно злаковых культур – 1,2–2,4 мкг/кг, кормовые дрожжи – 30 мкг/кг, травяная мука – 1,5–3, молоко – 50 мг/л.

Витамин С (аскорбиновая кислота). Весьма большая и разносторонняя функция в организме животных принадлежит витамину С. Аскорбиновая кислота принимает участие в клеточном дыхании как катализатор, регулирует ассимиляционные и диссимиляционные процессы в клетке и поддерживает нормальное состояние стенок кровеносных сосудов.

Она необходима для биосинтеза коллагена соединительной ткани, норадреналина мозгового слоя надпочечников, гормонов коры надпочечников, для синтеза ДНК, является антистрессовым фактором, участвует в обмене углеводов, липидов, белков, аминокислот, нуклеиновых кислот.

Этот витамин необходим для успешного заживления ран, для ускоренного заживления костных переломов и быстрой кальцификации, способствует созреванию эритроцитов, излечению некоторых форм пищевой анемии, нормальному усвоению жира. Он обладает антиинфекционным и антитоксическим действием, активизирует ферменты, гормоны, фагоцитоз лейкоцитов, стимулирует образование антител и детоксикацию организма при отравлениях, ускоряет ресинтез молочной кислоты, накапливающейся в организме при выполнении физической работы, что в конечном итоге сказывается на состоянии резистентности организма.

В организме сельскохозяйственных животных аскорбиновая кислота при полноценном кормлении и полной обеспеченности витамином А

синтезируется в необходимых количествах в печени и почках, а также и в тонком отделе кишечника, но только в присутствии марганца.

Авитаминоз и гиповитаминоз витамина С сопровождаются нарушением синтеза коллагена, распадом тканевых белков, нарушением активности ферментов, содержащих -SH группы, нарушением обмена углеводов, белков, нуклеиновых кислот, синтеза гормонов. У животных наблюдается цинга, проявляющаяся кровоточивостью десен, слизистых оболочек и мышц, нарушается целостность кожной и хрящевой ткани.

У телят наблюдаются явления некроза, у взрослого крупного рогатого скота – анемия, учащение пульса и дыхания, у коров в молоке появляется кровь.

У поросят возникает анемия, появляются кровоизлияния кожи и слизистых оболочек, гиперкератоз, конъюнктивиты. У взрослых свиней наблюдаются геморагии, появляется пятнистая краснота на слизистой оболочке рта, особенно десен, опухают суставы, наступает резкое истощение.

У сельскохозяйственных животных и птицы витамин С синтезируется в организме из глюкозы при достаточной обеспеченности витамином А. Добавка аскорбиновой кислоты в рационы кур-несушек при содержании их в стрессовых условиях (жара, плохая освещенность и недостаточная вентиляция птичника) оказывает положительное влияние на яйценоскость и прочность скорлупы яйца.

Выявлена прямая взаимосвязь между уровнем аскорбиновой кислоты в молоке свиноматок и развитием поросят в подсосный период. Скармливание поросятам раннего возраста в зимне-стойловый период 20–40 мг витамина С в день повышает их прирост живой массы. Низкий уровень витамина С в молоке маток является основной причиной падежа поросят-сосунов в пометах.

Аскорбиновая кислота содержится практически во всех растительных кормах, но при хранении под действием кислорода, света и ферментов быстро разрушается, поэтому в рационы и комбикорма вводят синтетический препарат витамина С в составе премиксов.

В кормах содержание аскорбиновой кислоты составляет в свежескошенной траве – 1,5 г/кг, силосе – 0,2 г/кг, свекле – 0,02–0,05, моркови – 0,028–0,14, хвое – 1,5–3,8 г/кг.

6.8. Пути решения проблемы обеспечения витаминами сельскохозяйственных животных

Основным источником витаминов являются корма. Наиболее богаты большинством витаминов зеленые растения, поэтому животные, содержащиеся на хорошем пастбище или получающие свежую зеленую подкормку, как правило, не испытывают недостатка в витаминах. В зимний период основными источниками каротина являются правильно

заготовленные силосы и комбисилосы, сенаж, витаминное сено, травяная мука, красная морковь.

В качестве витаминной подкормки могут быть использованы хвойные ветви, хвойная мука. Источником витамина D корма крайне ограничены (сено, корма животного происхождения, облученные дрожжи, силос).

Хорошим источником витамина B₂ являются травяная мука, дрожжи, отходы от переработки молока, рыбная мука, шроты; B₃ – травяная мука, зерна бобовых, отруби пшеничные, молочные отходы, дрожжи; B₄ – овес, ячмень, шроты, дрожжи, рыбная и мясная мука; B₅ – зерна пшеницы, ячменя, подсолнечный шрот, мясная и рыбная мука, дрожжи; B₁₂ – корма животного происхождения; E – травяная мука, сено бобовых, свежая хвоя.

Важным резервом обеспечения животных витаминами является обогащение их рационов витаминными препаратами, полученными химическим или биологическим синтезом. Некоторые препараты витаминов приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Активность витаминных препаратов

Препарат	Активность
КПМК	5 мг каротина в 1 г препарата
Микровит	250-500 тыс. МЕ витамина А в 1 г препарата
Видеин D ₃	200 тыс. МЕ витамина D ₃ в 1 г препарата
Гранувит D ₃	100 тыс. МЕ витамина D ₃ в 1 г препарата
Гранувит E	250 мг витамина E в 1 г препарата
Тривит (А, D ₃ , E)	Витамина А – 30 тыс. МЕ, витамина D ₃ – 40 тыс. МЕ, витамина E - 20 мг/мл в 1 мл препарата
Викасол (K ₃)	950 мг витамина K в 1 г препарата
КМБ 12	25 мг вит B ₁₂ в 1 кг препарата

Подготовка кормов к скармливанию (проращивание и дрожжевание) позволяет обогатить рационы животных витаминами группы B (кроме витамина B₁₂). Прогулка животных в солнечную погоду и облучение их с использованием искусственных источников ультрафиолетовых лучей дает возможность в значительной мере предупредить D-витаминную недостаточность.

В практике животноводства для профилактики гиповитаминозов у разных видов животных принимают разного рода витаминные концентраты. Но чаще всего их используют для производства премиксов, БВМД и комбикормов.

В качестве препаратов каротиноидов применяют сухие стабилизированные концентраты активностью 3–6 тыс. МЕ в 1 г (отечественный) и дохифралэкстра 325 активностью 325 тыс. МЕ в 1 г (импортный), концентрат ретинола в масле, аксеровтол-ацетат (синтетический витамин) в масле с содержанием в 1мл масляного раствора от 200 до 300 тыс. МЕ ретинола, рыбий жир и витаминизированный рыбий жир как источник каротиноидов и кальциферолов.

Источниками кальциферолов служат масляные и спиртовые растворы концентратов эргокальциферола с активностью от 5 до 500 тыс. ИЕ в 1 мл, водно-жировая эмульсия эргокальциферола, масляные растворы холекальциферола с активностью 50 тыс. МЕ в 1 мл, сухой концентрат эргокальциферола в виде облученных дрожжей, сухой стабилизированный концентрат холекальциферола "Видеин".

Источниками токоферолов являются – сухой стабилизированный концентрат этих витаминов; пантотеновой кислоты – d-пантотенат кальция (1000 мг препарата – 460 мг кислоты); рибофлавина – синтетический кормовой, содержит 97–100 % активного витамина; никотиновой кислоты – синтетическая, 100 % активного начала; ретинола, холекальциферола и токоферолов – тривитамин; холина – холинхлорид 70 %.

6.9. Алиментарные заболевания и способы их профилактики

Алиментарные заболевания – это выраженные расстройства кормления животных со специфическими клиническими проявлениями, которые могут быть предупреждены и изменены путем количественного и качественного изменения в питании.

Главным фактором алиментарных нарушений является количественная и качественная неадекватность кормления животных.

В последние годы количество алиментарных заболеваний значительно возросло. К ним относят ожирение, ацидоз рубца, кетоз, вторичную дистрофию, послеродовую гипокальциемию, гипوماгниемию, гипомикроэлементозы, гиповитаминозы и др.

Увеличение распространенности этих заболеваний связано с изменением традиционного типа кормления и содержания: уменьшением в рационах животных сена, корнеплодов, увеличением концентратов, силосованных кислых кормов, недостатком инсоляции и гиподинамией. При этом нарушается рубцовое пищеварение, обмен веществ, развиваются дистрофические изменения в органах эндокринной системы, печени, сердце, яичниках, костной и соединительных тканях, проявляется костно-суставная патология, поражения почек, щитовидной, поджелудочной железы.

К числу наиболее часто встречающихся алиментарных нарушений здоровья коров относится ацидоз рубца.

Ацидоз рубца коров (молочнокислый ацидоз рубцового пищеварения, зерновая интоксикация, «пшеничная» болезнь) – широко распространенное заболевание крупного рогатого скота и других жвачных, характеризующееся усиленной продукцией в рубце молочной кислоты и смещением кислотно-щелочного равновесия в организме.

В последнее время в молочном скотоводстве Беларуси отмечается рост количества заболеваний коров ацидозом, что связано с широким использованием силосно-концентратных рационов.

Чаще всего ацидоз проявляется в субклинической форме и характеризуется следующими симптомами: потерей аппетита, ухудшением руминации, уменьшением жирности молока, жидким навозом, снижением веса даже при достаточном потреблении корма, раскачиванием животных с ноги на ногу. Последний симптом возникает вследствие того, что ацидоз провоцирует ламинит – асептическое воспаление кожи копыта. Больные коровы стараются меньше двигаться и реже подходят к кормушке.

Ацидоз характеризуется накоплением в рубце молочной и других кислот, снижением рН рубцового содержимого до 5,2–5,5, нарушениями рубцового пищеварения. Причинами, вызывающими развитие ацидоза, могут быть:

- быстрый перевод коров с рационов сухостойных животных на рационы раздоя с включением значительного количества концентратов;
- скармливание перекисленных кормов: силоса, кислого жома, барды;
- резкое увеличение в рационах кормов, богатых легко ферментируемыми углеводами: крахмалом (зерна ржи, пшеницы, ячменя, тритикале) или сахарами (патока, зеленая масса кукурузы);
- недостаток в рационах структурных кормов, активизирующих жвачку.

Для профилактики ацидоза особенно важно правильно кормить животных, соблюдать необходимую структуру рационов, поддерживать оптимальные условия для развития и жизнедеятельности рубцовой микрофлоры. Именно с помощью микрофлоры рубца переваривается 80–85 % всех усвоенных кормов.

Важно, чтобы для микроорганизмов рубца создавались оптимальные условия жизнедеятельности. Одним из таких условий является оптимальная величина рН рубцовой жидкости. Она близка к нейтральной и составляет 6,4–6,8. При такой величине рН наиболее активно работают все полезные микроорганизмы.

Профилактика ацидоза у коров заключается в оптимизации их кормления. Для этого используют следующие приемы:

- соблюдать оптимальную структуру рационов, не допускать превышения доли концентратов более 40–45 % по питательности;
- уровень сырой клетчатки в рационе не должен быть ниже 16 %;
- в рационе должно быть не менее 2,5 кг грубых кормов, содержащих длинноволокнистую клетчатку (сено, солома);
- поддерживать в норме уровень легкоферментируемых углеводов: крахмала – 22–28 %, сахаров – 5–6 % от сухого вещества рациона;
- ограничить потребление сырого жира в рационе до 5 %, вводить в рацион растительные масла до 2,5 % от сухого вещества во избежание сбоев в жизнедеятельности рубцовой микрофлоры;
- отдавать предпочтение использованию кормосмесей, вместо отдельного скармливания кормов. В сухом веществе кормосмеси должно быть не менее 9,6 МДж обменной энергии, 14–15 % сырого протеина и не

более 26 % клетчатки. Особенно важно это соблюдать в кормосмесях для коров при раздое;

- доля масляной кислоты в силосе и сенаже не должна превышать 0,2 %, а массовая доля уксусной среди всех кислот не должна быть выше 40 %;

- влажность кормосмеси не должна превышать 55 %, для увеличения потребления кормов следует применять более частое их скармливание. Порция кормосмеси на кормовом столе не должна находиться более 6 часов во избежание развития в ней гнилостных микроорганизмов и порчи корма;

- смену рационов проводить постепенно, сводя к минимуму изменения таких компонентов, как крахмал, сахара, жиры, органические кислоты;

- для активизации рубцовой микрофлоры в рационах должны быть легкоперевариваемые углеводы, минеральные вещества и витамины. Для этого коровам разрабатывают адресные рецепты комбикормов и премиксов, где учитывается фактический состав кормов;

- соблюдать оптимальную физическую форму кормов;

- соблюдаться оптимальный размер частиц при заготовке сенажа. Измельчение трав должно быть в пределах 4–6 см. Такую же степень измельчения рекомендуют для соломы. Концентраты предпочтительно скармливать в гранулированном виде, зерно – в плющеном. Это сдерживает процесс ферментации крахмала и сахаров, не допускает резкого подкисления рубцового содержимого;

- в состав комбикормов для высокопродуктивных коров нужно включать 20–30 % зерна кукурузы, которое содержит устойчивый к распаду в рубце крахмал;

- использование зерносенажа из зернофуражных злаково-бобовых растений, как в чистом виде, так и в смешанном. Хорошо зарекомендовали себя на практике зерносенажи из пшеницы, ячменя, ячменно-пелюшковых, викоовсяных смесей. Зерно с неповрежденной оболочкой медленно переваривается, тем самым предупреждает быстрое образование кислот;

- использование дрожжевых культур, которые в рубце активно используют молочную кислоту, тем самым стимулируют рубцовое пищеварение.

Кетоз коров – заболевание, обусловленное нарушениями обмена углеводов, белков и жиров. Характерными признаками кетоза являются: снижение уровня глюкозы в плазме крови, а также содержания гликогена в печени, и повышенное образование и выделение кетоновых тел. Болезнь проявляется нарушениями пищеварения и обмена веществ. Ее признаки часто проявляются в субклинической форме.

Основной мерой профилактики кетозов является правильное сбалансированное кормление, высокое качество кормов, устранение одностороннего силосно-концентратного типа кормления коров. В структуре зимних рационов коров доля высококачественных сена и сенажа должна быть не менее 30–35 %, корнеплодов – 8–10 %, концентратов – не более 40–45 %. В таких рационах соблюдается оптимальное соотношение протеина и

сахаров, кальция и фосфора, щелочных и кислотных элементов, в достаточных количествах содержатся макро- и микроэлементы, витамины.

Из рационов животных с признаками кетоза исключают силос, жом, барду, которые содержат повышенные количества уксусной и масляной кислот. В профилактике кетоза особое значение имеют устранение дефицита энергии у новотельных коров, соблюдение необходимой при раздое структуры рационов, недопущение ожирения коров в стадии затухания лактации и в сухостойный период, поддержание нормальных условий содержания.

В стадию раздоя энергетические потребности организма коров часто не покрываются за счет кормов, а использование для лактации больших количеств жировых запасов организма сопровождается развитием кетоза. Поэтому очень важно обеспечить высокое потребление сухого вещества травяных кормов за счет их высокого качества. Недопустимо в этот период скармливание заплесневелых, переокисленных кормов. Сенаж и силос не должны содержать масляной кислоты или избыточного (свыше 30 % от всех кислот) количества уксусной. Влажность кормосмеси должна находиться в пределах 50–55 %, что обеспечивает ее максимальное потребление. Важно скармливать новотельным коровам 1,5–2,5 кг сена для поддержания наполненности рубца и обеспечения процессов жвачки.

Увеличение количества концентратов необходимо проводить постепенно, по 0,5 кг в сутки. Во вторую фазу сухостоя необходимо скармливать 2,5–3,5 кг концентратов для своевременной перестройки микрофлоры к использованию большого количества этих кормов при раздое. Секция для раздоя не должна быть перенаселенной, у каждой коровы должно быть место для отдыха, фронт кормления должен составлять не менее 80 см.

Сокращение конкуренции животных у кормового стола способствует увеличению потребления сухого вещества травяных кормов. Нельзя допускать однотипного силосно-концентратного кормления при недостатке сенажа и сена. Количество концентратов, скармливаемых за один прием, не должно превышать 2 кг, лучше скармливать суточную норму концентрированных кормов за пять-шесть приемов. Перед скармливанием концентратов полезно дать небольшое количество сена, что способствует обильному выделению слюны, нейтрализующей избыточное количество кислот, образующихся при сбраживании концентратов. В составе концентратов должно быть 20–30 % зерна кукурузы, содержащего устойчивый к расщеплению в рубце крахмал, который, поступая в тонкий кишечник, является источником глюкозы.

Рационы коров должны быть тщательно сбалансированы по микроэлементам и витаминам, которые необходимы для нормализации обмена веществ и усвоения избыточного количества кетоновых тел.

Лактирующим и сухостойным коровам, нетелям необходимо предоставлять активный моцион, что способствует дополнительному сгоранию в организме кетоновых тел, нормализации в крови уровня

щелочного резерва, мочевины, глюкозы, положительно сказывается на процессах рубцового пищеварения. На комплексах в летний период положительные результаты в профилактике этой болезни могут быть достигнуты при организации пастбищного содержания сухостойных коров и нетелей.

Для улучшения аппетита животных и нормализации обмена веществ показано применение углеводно-протеино-минерально-витаминные добавки. Такие кормовые добавки обычно представляют собой брикеты-лизунцы, в состав которых включены патока, кормовые фосфаты, минерально-витаминные премиксы. Использование кормовых добавок коровами в виде лизунцов нормализует рубцовое пищеварение, обеспечивает постоянное и равномерное поступление в организм животного сахаров, что важно для эффективного использования кетоновых тел, нормализации обмена веществ.

Дополнительное поступление в организм минеральных веществ, витаминов улучшает использование питательных веществ кормов и состояние здоровья высокопродуктивных животных.

Алиментарная дистрофия – расстройство питания организма вследствие нерационального кормления. Она сопровождается разной степени нарушением обмена веществ, развитием дистрофических и атрофических процессов в паренхиматозных органах, мускулатуре и других тканях.

Диетотерапия животным при первой и второй стадиях заболевания сводится к обогащению организма пластическим материалом (белками, липидами и углеводами) улучшению секреторной, химической и моторной функций желудочно-кишечного тракта. С этой целью организуют дачу дрожжеванного и осоложенного корма, проращенного зерна, корнеклубнеплодов, особенно сахарной и полусахарной свеклы, гидропонной зелени.

Животным предоставляют клеверную и люцерновую муку или сено, летом – траву вволю. Диетические корма скармливают 4–5 раз в день. В больших количествах дают подсоленную доброкачественную воду с отрубями. Тяжелобольным животным (в третьей стадии истощения) целесообразно давать подсоленные болтушки из отрубей, овсяной, ржаной муки, мезгу из корнеплодов.

Профилактика – создание и совершенствование биологически полноценной кормовой базы, ветеринарный контроль за технологией приготовления и хранением кормов: сена, сенажа и силоса. Улучшать гигиену содержания животных.

Токсическая дистрофия печени (гепатоз, токсическая дистрофия печени, острая желтая атрофия печени) – общее название болезней печени с различной этиологией, но сопровождающиеся характерными тяжелыми дистрофическими изменениями, быстрым распадом, разложением, резорбцией паренхимы печени и нарушениями ее основных функций. По течению гепатозы могут быть острыми и хроническими, по локализации

очаговыми и обширными (лобулярными и лобарными). Различают зернистую, амилоидную и жировую дистрофии печени.

Профилактика токсической дистрофии печени сводится к строгому контролю над качеством кормов и сбалансированностью рационов, соблюдению зоогигиенических нормативов, тщательному осмотру кормов и их подготовке к хранению и скармливанию.

Из рациона исключают недоброкачественные, токсические или подозрительные в токсичности корма, уменьшают дачу силоса. Режим кормления должен быть 5 или 6 кратным. В диету вводят легкоусвояемые углеводистые и доброкачественные корма (траву, морковь, овощи, зелень, луговое сено, травяную муку, корнеплоды, свежий обрат) и обеспечивают животных постоянным водопоем, соответственно снижая по питательности белковые корма.

Перед пастбищным сезоном целесообразно провести сбор и исследование трав для предотвращения кормовых интоксикаций организма животных ядами растительного происхождения. В хозяйствах, где нет пастбищных угодий, нельзя допускать одностороннего кормления концентратами.

Остеодистрофия – хроническая болезнь взрослых животных, возникающая в результате нарушения обмена кальция, фосфора, кальциферола и проявляющаяся дистрофическими изменениями костной ткани в форме остеомалации, остеопороза или фиброзной остеодистрофии.

Профилактика остеодистрофии основывается на обеспечении хороших зоогигиенических условий содержания животных и кормлении их разнообразными полноценными кормами. Рационы должны балансироваться подбором кормов по всем питательным веществам, как при стойловом, так и при пастбищном содержании животных. В необходимых случаях используют соответствующие минеральные подкормки.

В крупных специализированных хозяйствах важным профилактическим мероприятием является диспансерное обследование, проводимое дважды в год, а в необходимых случаях и чаще. При однотипных условиях кормления и содержания целесообразно выделить «контрольные» группы в 20–30 животных с одинаковой продуктивностью и регулярно (не реже раза в месяц) клинико-лабораторно исследовать их для оценки состояния животных всего хозяйства. Диспансеризация позволяет осуществить контроль за заготовкой, хранением и качеством кормов, выявить заболевания остеодистрофией и субклинический период и своевременно провести необходимые лечебные мероприятия, а также наметить агротехнические меры для улучшения кормовой базы хозяйства.

Микроэлементозы – болезни, характеризующиеся нарушением метаболизма микроэлементов вследствие их дефицита, избытка или нарушения соотношения между отдельными микроэлементами.

Недостаточность йода (эндемический зоб) — хроническое заболевание, обусловленное дефицитом йода и характеризующееся

изменением размеров и функции щитовидной железы, изменением функций, связанных с ней органов и организма в целом.

Профилактика йодной недостаточности осуществляется применением препаратов йода, главным образом в виде калия йодида. Для профилактики используется стандартная йодированная поваренная соль.

Свиньям, птице и лошадям во избежание отравления соль дают только в разведенном состоянии в смеси с кормом. Вместо йодированной соли можно с концентрированными кормами или питьевой водой давать раствор калия йодида, приготовленный непосредственно перед употреблением.

Недостаточность меди («гипокупроз», «акупороз») вызывает хроническое заболевание крупного рогатого скота («лизуха», анемия, понос), овец, реже свиней.

Профилактика достигается добавлением к рациону сульфата меди.

Недостаточность цинка вызывает заболевание у всех видов животных, но особенно у свиней. Последние часто заболевают паракератозом.

Профилактика осуществляется добавлением к кормам цинка сульфата, при этом не только устраняются симптомы паракератоза, но и улучшается оплата корма, повышается половая активность взрослых хряков и свиноматок и их плодовитость.

Недостаточность кобальта. Низкое содержание кобальта в почвах (менее 2 мг/кг) и растениях обуславливает развитие эндемического заболевания животных, получившего название гипокобальтоза.

Профилактика. Наиболее удобная форма применения кобальтовых подкормок – скармливание брикетов-лизунцов из поваренной соли, обогащенной кобальтом. Для профилактики гипокобальтоза целесообразно удобрение пастбищ и участков, отведенных под кормовые культуры, солями кобальта.

Недостаточность ретинола (А-гиповитаминоз) представляет собой хронически протекающее заболевание взрослых животных и растущего молодняка, возникающее на почве недостатка в организме ретинола (витамина А) или его провитамина – каротина.

Профилактика. Для предупреждения гиповитаминоза А потребность в каротине беременных, лактирующих животных и производителей покрывают за счет кормов, богатых каротином: зеленой травы, хорошего сена, гидропонной зелени, специального комбинированного силоса, сенажа, травяной и хвойной муки, красной моркови и др. Эффективным методом профилактики является вывод животных с приплодом на хорошее пастбище.

Для новорожденного молодняка животных важно обильное скармливание молозива первых двух удоев. Если стельная корова не получала достаточного количества каротина в рационе и есть опасение, что новорожденный теленок не будет обеспечен витаминами из молозива и молока, то с первым удоем молозива теленку необходимо давать масляного концентрата витамина А или аквитала, которые с молозивом первого удоя

хорошо всасываются в кишечнике. С 2-3-недельного возраста молодняку назначают витаминные корма: витаминное сено из люцерны и клевера, зеленую траву, витаминную травяную муку, красную морковь, комбисилос для растущего молодняка и др.

Профилактика В₁-гиповитаминоза достигается включением в рационы животных разнообразных кормов, содержащих тиамин – дрожжеванные корма, гидролизные или кормовые дрожжи, сено хорошего качества, отруби, зерно злаков и гороха, жмых и др. Животным создают нормальные зоогигиенические условия содержания и ухода, в стойловый период предоставляют прогулки на свежем воздухе, летом – пастбище.

Недостаточность никотиновой кислоты представляют собой тяжелое заболевание полиэтиологической природы, проявляющееся нарушением обмена веществ, поражением кожи, желудочно-кишечного тракта и нервной системы, называемое пеллагрой.

Для предупреждения пеллагры у свиней и собак рекомендуют разнообразить кормовые рационы и скармливать их в сыром виде. Особенно богаты витамином сухие кормовые дрожжи, витаминная травяная мука, жмых, отруби, дрожжеванные корма, комбисилос, концентраты из зерна злаковых культур и гороха, мясная или рыбная мука. Летом нужно выпасать поросят на зеленой траве. Одновременно улучшают условия содержания, назначают прогулки на свежем воздухе.

Недостаточность пиридоксина (В₆-гиповитаминоз). Заболевание проявляется нарушением обмена аминокислот, микроцитарной анемией, припадками судорог, поражением кожи и задержкой роста. Дефицит пиридоксина устраняют введением в рацион сухих кормовых дрожжей, витаминной люцерновой муки, хвойной муки, зерна хлебных злаков и кукурузы, зеленой травы; плотоядным дают боенские отходы, молочные продукты и др. Если нет возможности удовлетворить потребность животных в витамине за счет набора естественных кормов, то необходимо добавлять пиридоксин с профилактической целью в корм или к питьевой воде. Ветеринарной службе нужно постоянно контролировать применение животным антибиотиков и других стерилизующих веществ, могущих вызвать угнетение деятельности симбионтной микрофлоры желудочно-кишечного тракта и тем самым уменьшить микробный биосинтез витамина В₆. Животным необходимо создавать нормальные зоогигиенические условия содержания и ухода, в стойловый период предоставлять моцион на свежем воздухе, летом – пастбище.

Недостаточность цианкобаламина (В₁₂-гиповитаминоз) – заболевание, характеризующееся нарушением белкового, углеводного и жирового обмена, прогрессирующей анемией и задержкой роста. Для предупреждения гиповитаминоза В₁₂ растущих поросят и свиноматок обеспечивают кормами, богатыми цианкобаламином: рыбная, мясная и мясокостная мука, обрат, молочные и боенские отходы, биомасса пропионовокислых бактерий, кормогрезин, предоставление свиньям пастбища, сапропеля, дернины,

подкормка кобальтом, витаминами группы В и др. Улучшают условия ухода и содержания, в стойловый период предоставляют прогулки на свежем воздухе.

Недостаточность токоферола (Е-гиповитаминоз) – заболевание, возникающее на почве недостатка или отсутствия токоферола (витамин Е) в организме. Е-витаминная недостаточность у животных проявляется нарушением функции размножения из-за рассасывания эмбрионов и дегенерации семенников, некрозом и перерождением печени, мышечной дистрофией и расстройством обмена веществ.

Профилактика. Рационы крупного рогатого скота, свиней и овец следует проверять на содержание токоферола и в случае дефицита его вводить корма, богатые этим витамином, летом – выпас животных на зеленом пастбище, зимой – хорошее витаминное сено из люцерны, клевера или разнотравья, гидропонная зелень, витаминная травяная мука, отруби и др.

Необходимо следить, чтобы рационы удовлетворяли потребность животных в каротине, аскорбиновой кислоте, витаминах группы В, микроэлементах, особенно селена, серусодержащих аминокислотах. Очень важно улучшать условия содержания животных.

7. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ И АНТИПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА КОРМОВ

7.1. Пробиотики, пребиотики, ферменты, вкусовые добавки, их влияние на рост сельскохозяйственных животных и обмен веществ

Питательные вещества в кормах находятся в труднодоступной форме. Приблизительно 25–30 % органических веществ обычно не переваривается в организме животных, хотя их пищеварительные железы вырабатывают достаточное количество пепсина, трипсина, амилазы, липазы и других пищеварительных ферментов. В животноводстве с целью улучшения использования питательных веществ кормов применяют биологически активные вещества, которые расщепляют сложные соединения до простых легкорастворимых соединений.

К биологически активным веществам (БАВ) в первую очередь относят витамины, ферментные кормовые препараты, антибиотики, гормоны, вкусовые добавки, антиоксиданты, ароматизаторы, пробиотики, пребиотики и другие вещества.

Пробиотики. Термин «пробиотики» был предложен Ричардом и Паркером в 1977 г. для обозначения микроорганизмов и продуктов их ферментации, обладающих антагонистической активностью по отношению к патогенной микрофлоре. Но впервые об этом явлении рассказал миру знаменитый русский ученый, лауреат Нобелевской премии Илья Мечников,

который обобщил разрозненные экспериментальные данные в области изучения явления антагонизма.

Само слово «пробиотик» выбрано не случайно, оно является антиподом слова «антибиотик». Антибиотики, уничтожая патогенные микроорганизмы, подавляют рост и развитие нормальной микрофлоры, само слово «антибиотик» обозначает «против жизни». Буквальный перевод слова «пробиотик» – «для жизни». В состав пробиотиков входят полезные микроорганизмы (или эффективные микроорганизмы) – представители нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта человека и животных.

Все существующие пробиотики делят на две большие группы – жидкие и сухие. Сухие пробиотики – это лиофилизированные (высушенные) микроорганизмы, которые могут находиться в порошке, капсулах, таблетках. Клетки микроорганизмов в этом случае находятся в глубоком анабиозе и могут длительно храниться. Связующим веществом для производства капсул или таблеток может служить, например, желатин. После употребления сухого пробиотика необходимо от 1 до 4 ч для выхода бактерий из анабиоза (спящего состояния), после чего препарат начинает проявлять своё действие (адгезию, антагонизм и т. д.).

Жидкие пробиотики имеют ряд преимуществ, несмотря на короткие сроки хранения. Бактерии в них изначально находятся в активном состоянии и способны к размножению в желудочно-кишечном тракте уже через 2 ч после попадания в организм. Кроме того, жидкие препараты содержат продукты жизнедеятельности микроорганизмов – незаменимые аминокислоты, органические кислоты, иммуностимулирующие вещества, ферменты и коферменты, факторы роста, которые улучшают состояние собственного микробиоценоза. Таким образом, жидкие пробиотики создают временный искусственный микробиоценоз, который благотворно влияет на представителей нормальной микрофлоры и одновременно угнетающе действует на патогенные и условно-патогенные микроорганизмы.

Положительное влияние пробиотиков на организм объясняется ещё и тем, что они стимулируют рост собственной микрофлоры. Поэтому главенствующая и конечная цель приёма пробиотиков – восстановление собственной микрофлоры макроорганизма. Этот процесс требует времени, чем и объясняется длительность курсов приема пробиотиков.

Таким образом, аспекты использования пробиотиков в ветеринарии затрагивают довольно широкий круг проблем, начиная от коррекции кишечного биоценоза и распространяясь на коррекцию иммунной, гормональной и ферментной системы, как молодняка, так и взрослых животных.

В то же время использование пробиотиков в ветеринарии имеет актуальное значение не только для животноводства, но и для здравоохранения как огромный потенциал по снижению риска

заболеваемости людей и повышения экологической безопасности сельскохозяйственной продукции.

В настоящее время в животноводстве используется более двух десятков пробиотиков – моноспорин, пролам, ветом, биовестин, биовестин-лакто, бацелл, моноспорин, пролам, линекс, бифидумбактерин, лактобактерин, ацепол, пробифор и др.

Пробиотик моноспорин состоит из спорообразующих бактерий *Bacillus subtilis*. Бактерии, используемые для изготовления препарата, размножаясь в кишечнике животных, выделяют биологически активные вещества, под воздействием которых активизируются процессы пищеварения, в результате чего увеличиваются среднесуточные приросты живой массы, повышается сохранность поголовья и эффективность выращивания молодняка. Моноспорин применяют для профилактики и лечения дисбактериозов, повышения естественной резистентности организма животных, нормализации микрофлоры кишечника при нарушении процессов пищеварения. Препарат предназначен для введения животным внутрь индивидуально или групповым методом с молоком, молозивом, водой или кормом. Раствор готовят перед употреблением, взбалтывая препарат до однородной массы.

Пробиотик пролам содержит пять штаммов микроорганизмов (два штамма *Lactobacillus*, два штамма *Lactococcus* и один штамм *Bifidobacterium*). Микроорганизмы, используемые при производстве препарата, создают благоприятную микрофлору желудочно-кишечного тракта и снабжают организм животных биологически активными веществами, повышающими конвертируемость корма, улучшающими процессы жизнедеятельности и повышающими неспецифический иммунный статус. Микроорганизмы, входящие в состав препарата, борясь за питательный субстрат, являются антагонистами по отношению к некоторым патогенным микроорганизмам и таким образом предотвращают возникновение дисбактериоза и других желудочно-кишечных заболеваний.

Ветом – препарат широкого спектра действия. Благодаря значительному повышению иммунитета во время приема препарата организм может излечиться практически от всех известных на данный момент заболеваний, таких как грипп, ангина, простуда, пищевые отравления, кишечные инфекции и многих других. Препарат содержит в себе бактерии *Bacillus subtilis* (сапрофиты), выделенные из природной среды, которые предотвращают развитие патогенной и гнилостной микрофлоры в кишечнике. Пробиотик ветом – это не лекарство, а иммунокорректор, стимулирующий иммунитет благодаря интерферону альфа-2, который вырабатывают бактерии, содержащиеся в препарате. Самое главное, что делает препарат – нормализует и восстанавливает микрофлору желудочно-кишечного тракта. Препарат может применяться как в животноводстве, так и в медицине.

Пребиотики. Пребиотик (prebiotic) – физиологически функциональный кормовой ингредиент в виде вещества или комплекса веществ, обеспечивающий при систематическом скармливании животным в составе рациона благоприятное воздействие на организм в результате избирательной стимуляции роста и/или повышения биологической активности нормальной микрофлоры кишечника. Основными видами пребиотиков являются: ди- и трисахариды, олиго- и полисахариды, пищевые волокна, многоатомные спирты, аминокислоты и пептиды, ферменты, органические низкомолекулярные и ненасыщенные высшие жирные кислоты, антиоксиданты.

Основным свойством пребиотиков является их избирательное стимулирование полезной для животного организма кишечной микрофлоры, к которой в первую очередь относятся бифидобактерии и лактобактерии. Свойства пребиотиков наиболее выражены во фруктозоолигосахаридах (ФОС), инулине, галактозоолигосахаридах (ГОС), лактулозе, лактитоле.

Пребиотики не расщепляются, не перевариваются и не усваиваются в верхних отделах желудочно-кишечного тракта. Попадая с кормом, они достигают в неизменном виде толстой кишки, где создают благоприятную почву для существования и размножения пробиотических бактерий, которые благоприятно влияют на организм животного.

Пребиотики находятся в молочных продуктах, кукурузных хлопьях, крупах, хлебе, различных овощах и фруктах. Кроме этого, существуют пробиотические комплексы в виде БАДов, не являющиеся лекарствами: лактусан, прелакс, лактофилтрум, эубикор, лактусан, прелакс, лактофилтрум, инулин.

Пребиотики и пробиотики нельзя противопоставлять друг другу. Наиболее оптимальным является их совместное применение (синбиотик). При этом пребиотики усиливают терапевтическое действие пробиотиков, способствуя лучшему выживанию пробиотических штаммов в кишечнике.

Ферменты (энзимы) – это высокоактивные биологические катализаторы, ускоряющие и направляющие течение реакций обмена веществ в организме. Они являются белковыми веществами, главным образом протеидами, состоящими из простетической группы (кофактора) и протеина. В качестве кофактора могут служить органические соединения (коферменты, которыми часто бывают витамины) или ионы макро- и микроэлементов.

Ферментные препараты получают путем культивирования грибов и бактерий, причем в зависимости от способа выращивания культуры их делят на поверхностные и глубинные, а по степени очистки – на технические и очищенные.

Название фермента состоит из латинского корня названия субстрата, на который он действует, и окончания «-аза». Например, ферменты, действующие на крахмал (*amylum*), названы амилазами, мочевины (*urea*) – уреазами, протеины – протеиназами и т.д.

Механизм действия ферментов сводится к тому, что, вступая в контакт с субстратом (питательным веществом), они образуют весьма неустойчивые соединения. Происходит активация субстрата в результате поляризации, смещения электронов или деформации его связей. Соединение вскоре распадается, освобождается фермент, а субстрат продолжает разлагаться на более простые составные части. Скорость реакций зависит от частоты столкновения молекул фермента и субстрата. На активность ферментов оказывают влияние их концентрация, температура среды, активная кислотность (рН), присутствие активаторов и ингибиторов и другие условия.

Для нужд животноводства микробиологическая промышленность выпускает в основном препараты, содержащие пищеварительные ферменты, расщепляющие белки, крахмал, пектины, целлюлозу, гемицеллюлозу, жиры. Все пищеварительные ферменты относятся к гидролазам, т.е. они катализируют реакции, в которых происходит расщепление сложных соединений на простые с присоединением воды.

Из широкого ассортимента ферментных препаратов, выпускаемых промышленностью, наибольшее распространение в кормлении животных и кормоприготовлении нашли:

- стандартизированные по протеолитической активности (расщепляющие протеин): протосубтилин;
- стандартизированные по амилолитической активности (расщепляющие крахмал): амилоризин, амилосубтилин, глюкаваморин;
- стандартизированные по пектолитической активности (расщепляющие пектины): пектаваморин, пектофоетидин;
- стандартизированные по целлюлозолитической активности (расщепляющие клетчатку): целловиридин, целлобранин.

Все перечисленные препараты обладают комплексным действием. Помимо основных ферментов они содержат и сопутствующие, которые расщепляют жиры, сложные углеводы, белки.

В последние годы разработаны новые виды ферментных препаратов, обладающих мультиэнзимным действием, т.е. расщепляющие белки, углеводы, жиры, полипептиды. Их вводят в состав комбикормов для птиц в количестве от 1 до 2 кг/т. Включение в комбикорма бройлеров таких ферментных добавок обеспечивает повышение продуктивности на 3–5 %, при снижении затрат кормов на продукцию на 5–10 %.

Отечественные препараты Фекорд-Я, Фекорд-П, Фекорд-ЯП, Фекорд-У предназначены для введения в комбикорма с повышенным содержанием ячменя и пшеницы. Они обладают целлюлазной, амилолитической, бета-глюконазной, протеолитической активностью. Их использование в комбикормах для птицы, телят, поросят способствует улучшению использования кормов на 5–8 % и повышению их продуктивности на 4–9 %.

В кормлении жвачных животных наиболее перспективно применение препаратов с целлюлозолитической и пектолитической активностью, так как их рационы содержат большое количество клетчатки, пектиновых веществ и

других сложных полисахаридов.

Комплексное применение биологически активных веществ в виде премиксов – это не только полноценные корма с гарантированной продуктивностью, но и профилактика, оздоровление животных при заболеваниях неинфекционного характера, стимуляция обменных процессов и повышение естественной резистентности организма.

Антибиотики. Термин «антибиотики» (от греческих слов анти – против, биос – жизнь) был предложен в 1942 г. З. Ваксманом для обозначения веществ, полученных при биосинтезе микроорганизмов, из тканей животных, растений и путем их химической модификации или биотрансформации. Они обладают избирательной способностью подавлять рост и развитие микробов (бактериостатическое действие) или убивать их (бактерицидное действие).

В настоящее время известно более 2000 антибиотиков, но в медицинской и ветеринарной практике используется около 50 наименований, а в кормлении животных для стимуляции роста животных, называемые кормовыми антибиотиками – намного меньше.

Механизм ростостимулирующего влияния антибиотиков на организм животных достаточно сложен и имеет несколько теорий. Наиболее популярной является микробиологическая теория, объясняющая ускорение роста животных при их использовании. Сторонники этой теории объясняют положительный эффект использования антибиотиков тем, что они изменяют состав микрофлоры кишечника в благоприятном для животного отношении, подавляя при этом рост и развитие вредной микрофлоры. Антибиотики действуют на микроорганизмы разными путями – изменяют проницаемость стенок клетки, нарушают обменные процессы и функции воспроизводства микроорганизмов.

Сторонники терапевтической теории считают, что антибиотики оказывают активное воздействие на скрытые инфекции, которые обычно тормозят рост животных, повышают защитные свойства организма, усиливают выработку ферментов в пищеварительном тракте и тем самым улучшают всасывание и усвоение питательных веществ.

Некоторые исследователи связывают ростостимулирующее действие антибиотиков с их влиянием на органы внутренней секреции, главным образом на гипофиз, щитовидную железу, надпочечники. Эти железы синтезируют больше гормонов, которые усиливают обмен веществ, способствуют повышению содержания витаминов в крови, печени. В результате наблюдается ускорение роста молодняка животных.

Антибиотики применяют для профилактики и терапии многих инфекционных, инвазионных и незаразных болезней, а также для стимуляции роста при откорме животных на мясо, повышения продуктивности и плодовитости животных.

В качестве кормовых антибиотиков используют вещества, которые обычно присутствуют в организме животного. В этом плане наиболее

перспективны антибиотики, выделяемые микрофлорой желудочно-кишечного тракта.

В животноводстве Республики Беларусь применяют различные кормовые формы антибиотиков.

Антибиотик гризин продуцируется грибом *Actinomyces griseus*, относящимся к группе серых актиномицетов. Промышленные формы, применяемые в животноводстве, кормогризин-8, -10, -40 мг в 1 г препарата с активностью 1000 ЕД/мг представляют смесь высушенной биомассы гриба, остатков питательной среды и отрубей.

Бацитрацины объединяют 10 сходных по строению соединений, основную часть которых составляет бацитрацин А. Продуцентом бацитрацина является *Bacillus licheniformis*. Для стимуляции роста выпускают неочищенные соединения цинкбацитрацин под названием бациллихин-10,-20,-30,-60,-90,-120 мг в 1 г препарата с антибиотической активностью 42–74 ЕД/мг.

Флавомицин образуется при культивировании *Streptomyces ghanaensis*. В препарате содержится от 0,5 до 2,0 % чистого антибиотика. Флавомицин, так же, как и бацитрацин и гризин, почти не всасывается из желудочно-кишечного тракта, поэтому при использовании в стимулирующих дозах остаточных количеств в продуктах животноводства не обнаруживается. Даже при малых дозировках этот препарат увеличивает приросты живой массы животных и повышает оплату корма продукцией.

Антибиотик «Румезин» разработан для использования при откорме крупного рогатого скота. В рубце жвачных он оказывает влияние на процессы ферментации, в частности увеличивает синтез пропионовой и уменьшает образование уксусной и масляной кислот, а также метана и углекислого газа. Пропионовая кислота активно используется в синтезе глюкозы и способствует повышению интенсивности обмена веществ.

Ростостимулирующим действием при введении в малых количествах обладают также антибиотики тетрациклинового ряда – хлортетрацилин, окситетрацилин и их кормовые формы: биовит, терравитин, терравит, биотетраформ и др. В 1 мг этих препаратов содержится чистого вещества 1000 ЕД. Однако они, как и многие другие антибиотики (олеандомицин, тилозин, стрептомицин, неомицин, левомицетин и др.), вводятся в комбикорма главным образом в профилактических и терапевтических дозах.

Используют антибиотики в птицеводстве, свиноводстве, в кормлении пушных зверей, кроликов, при выращивании телят, ягнят, реже при откорме крупного рогатого скота и овец.

Препараты антибиотиков включают в состав премиксов, которые затем вводят в комбикорма из расчета 10 кг на 1 т. Эффективно использование антибиотиков в составе заменителей цельного молока для телят и ягнят.

С лечебной целью дозу антибиотиков увеличивают на 5-10 дней в 10-20 раз.

Применение антибиотиков повышает сохранность молодняка, увеличивает прирост живой массы в среднем на 10–15 % и снижает затраты кормов на единицу прироста на 5–8 %.

Длительное применение одного вида кормового антибиотика часто снижает эффективность его действия, поскольку микрофлора приспосабливается к нему и становится устойчивой к его действию. По этой причине периодическая смена антибиотиков повышает эффект от их применения.

Комбикорма и премиксы, содержащие антибиотики, запрещено скармливать птице всех возрастов в племенных хозяйствах; взрослым жвачным животным, поскольку они подавляют микрофлору преджелудков и могут вызвать тяжелые нарушения рубцового пищеварения.

Запрещается подвергать комбикорма, премиксы, белково-витаминные добавки и корма, содержащие антибиотики, длительной тепловой обработке при температуре выше 50 °С.

Применение кормовых антибиотиков на животноводческих фермах должно происходить при постоянном контроле зооветспециалистов.

Гормональные стимуляторы. У животных гормоны вырабатываются специализированными клетками желез внутренней секреции (эндокринной системы), а также клетками некоторых тканей и выводятся через клеточные мембраны в кровь, лимфу, межклеточную жидкость. Гормональная система находится в тесном взаимодействии с нервной, образуя единую нейрогормональную систему. Нейрогормональная система регулирует все виды обмена веществ в организме, обеспечивая постоянство внутренней среды, так называемый, гомеостаз, рост, развитие, половые функции, адаптацию животных к условиям внешней среды.

Ведущее место в нейрогормональной регуляции занимает гипоталамус, нейросекреторные клетки которого под воздействием нервных сигналов и уровня гормонов других желез вырабатывают рилизинг-гормоны, обладающие способностью стимулировать или тормозить секрецию соответствующих гормонов передней доли гипофиза. Гормоны гипофиза, в свою очередь, активируют секреторные процессы всех других желез внутренней секреции.

Гормоны являются производными различных химических веществ:

– стероидов – гормоны коры надпочечников (кортикостерон, кортизол, кортизон, альдостерон), половых желез (эстрадиол, эстрон, эстриол, тестостерон и др.);

– простых белков, гликопротеидов, полипептидов – гормон щитовидной железы (кальцитонин), парашитовидной (паратгормон), поджелудочной (инсулин, глюкагон), гипофиза (соматотропный, окситоцин, вазопрессин) и большинство гормонов гипоталамуса;

– аминокислот – гормоны щитовидной железы (тироксин) и мозгового слоя надпочечников (адреналин, норадреналин);

– ненасыщенных жирных кислот – простагландины.

В настоящее время осуществлен синтез и налажено производство многих гормональных препаратов. Они широко применяются в медицинской и ветеринарной практике с целью терапии гипо- и гиперфункций желез внутренней секреции, при различных расстройствах обмена, аллергических явлениях и других заболеваниях.

Для стимуляции роста животных освоено производство синтетических эстрогенов – диэтилстильбэстрол, синэстрол и др., и андрогенов – дианабол, феноболлин и др. Наибольшей активностью для стимуляции откорма животных обладает диэтилстильбэстрол, являющийся синтетическим аналогом эстрадиола.

Основными условиями эффективного использования половых гормонов при откорме животных являются:

1. Низкие дозы введения гормонов, т.к. большие дозы тормозят анаболические процессы.

2. Применение гормональных препаратов животным в более раннем возрасте, когда невысок уровень конкурирующих половых гормонов, или кастрированным животным.

3. Полноценное кормление и хорошие условия содержания животных.

Лучшие результаты от применения стероидных эстрогенов получают при стойловом содержании животных. Прирост молодняка крупного рогатого скота на откорме возрастает в среднем на 14–33 %, а потребление корма снижается на 10–20 %. При содержании животных на пастбищах требуются меньшие дозы стимуляторов, так как многие растения обладают фитоэстрогенной активностью – люцерна, клевер, кукуруза и др.

Большой интерес для стимуляции продуктивности животных представляют соматотропный гормон, или гормон роста, синтезируемый передней долей гипофиза, и инсулин, образующийся в поджелудочной железе. Оба гормона белковой природы и отличаются полной безвредностью.

Соматотропный гормон обладает выраженной видовой специфичностью. В последние годы получен генно-инженерным методом соматотропный гормон человека и быка. Применение бычьего гормона роста повышает прирост молодняка на 10–13 %, молочную продуктивность коров – на 15–20 %. Однако соматотропный гормон эффективен при ежедневном или через 2-3 дня введении методом инъекции, что сдерживает его применение.

Инсулин получают химическим и генно-инженерным способом. Для стимуляции роста его вводят под кожу через 10–15 дней в количестве 0,3–0,5 ЕД/кг живой массы или имплантируют однократно в заключительный период откорма. Прирост молодняка крупного рогатого скота, свиней и овец под влиянием инсулина повышается на 15–25 %.

Учитывая дефицит инсулина даже для медицинских целей, большой интерес представляет применение в животноводстве хлорпроамида и цикламида, относящихся к сульфаниламидным препаратам, которые стимулируют синтез инсулина в организме при одновременном повышении его активности и замедлении распада.

Среди гормональных стимуляторов, используемых для повышения продуктивности животных, используют тиреоидные и антитиреоидные препараты, тормозящие активность щитовидной железы.

Применением антитиреоидных препаратов в оптимальных дозах можно повысить прирост живой массы откармливаемых животных и эффективность использования кормов на 10–20 %. Однако в ряде исследований отмечается при этом повышение отложения в организме воды, жира и увеличение массы костей.

Для стимуляции многоплодия у животных применяют сыворотку жеребых кобыл. Готовят ее из крови кобыл 45–90 дней жеребости. Сыворотка жеребых фолликулостимулирующий и лютеинизирующий гормоны, вызывающие созревание повышенного числа яйцеклеток. Используют ее также для лечения некоторых гинекологических болезней. Более эффективно применение этой сыворотки в каракульском овцеводстве: от каждых 100 маток дополнительно получают 40–60 ягнят.

В условиях промышленного животноводства, особенно в овцеводстве, большой интерес представляет синхронизация охоты самок, позволяющая проводить оплодотворение животных в запланированные сроки. Для этих целей весьма перспективен синтетический препарат, подобный гормону желтого тела прогестерону (лютеину) – ацетат мегестрола. Синтезированы и другие подобные вещества: меленгестрол ацетат, амол, диамол, суперлютин и др.

В последние годы для синхронизации охоты у коров и телок, профилактики и лечения некоторых заболеваний половой системы широкое применение находит препарат эстрофан, являющийся синтетическим аналогом простагландина Ф₂-альфа.

Фитогормоны входят в корма, используемые в животноводстве. В кормлении животных особое значение придается стероидным гормонам, особенно природным половым гормонам – эстрогенам. Эстрогены, синтезируемые растениями и содержащиеся в растительных кормах, называются фитоэстрогенами. Известно более 300 кормовых растительных культур, обладающих эстрогенными свойствами. Фитоэстрогены содержатся в сахарной свекле, картофеле, зерне и очень широко представлены в зеленых кормовых культурах. Наиболее богаты ими зеленые корма из бобовых растений. В зеленом клевере и люцерне присутствуют такие фитоэстрогены, как формонетин, генистен, генистин, прунетин, биоханин, пратензин, кумэстрол и другие, близкие по своей химической природе к женским половым гормонам – эстрогену и эстрадиолу.

Скармливание зеленых кормов, особенно бобовых, с высоким содержанием эстрогенов приводит к нарушению воспроизводительной функции животных – бесплодию, абортам, снижению плодовитости.

При естественной сушке трав на сено содержание эстрогенов снижается, а при быстрой искусственной их количество не изменяется. Нередки случаи, когда силосование и химическое консервирование зеленых

кормов повышает содержание эстрогенов на 160 %. Скармливание таких силосов, особенно в больших количествах, может быть опасным для животных.

Свет и аэрация пагубно действуют на эстрогены, поэтому подвяливание трав при сенажировании снижает или даже полностью разрушает эти гормоны в исходной кормовой массе.

Содержание фитоэстрогенов в кормах разное. Например, кумэстрола в зеленой люцерне содержится от 0,4 до 25 мг, в люцерновом сене – от 1 до 80 мг в 1 кг; эстрадиола в силосе – от 4,9 до 15,9 мг в 1 кг. Дозы фитоэстрогенов для сельскохозяйственных животных не установлены. Имеются сведения, что коровам и телкам кормовых фитоэстрогенов должно поступать около 10–15 мг в сутки. Известно, что если в 1 кг сухого вещества зеленой люцерны содержится 25 и более мкг фитоэстрогенов, то скармливать ее уже опасно. Если в сутки в составе кормов рациона в организм коровы попадает 50 мг фитоэстрогенов, а в организм овцы – 5 мг, то возникают аборт.

В пересчете на диэтилстильбэстрол фитоэстрогенов в зеленой массе содержится, мкг/кг сухого вещества: люцерны – 0,7–15,7, клевера – 2,7–10,6, вики – 2,7–15,0, гороха – 4–6, люпина – 3,4–7,8, пшеницы – 2,7–4,7, кукурузы – 1,5–4,5, овса – 6,1–7,8, райграса – 1,2–9,0, овсяницы – 2,8–9,8, тимopheевки – 1,5–6,4.

Тканевые (биогенные) стимуляторы. Для приготовления тканевых препаратов используют селезенку, печень, надпочечники, плаценту, семенники, кровь и другие органы и ткани только что убитых здоровых животных. Их приготовление основано на том, что жизнедеятельность клеток и тканей, отделенных от организма, прекращается не сразу. Например, клетки мозга погибают через 5–6 ч, роговицы глаза – через 13–14 дней, почек – 10, кожи – 15–50 дней. Если взятые ткани поместить в неблагоприятные для жизненных процессов условия, например, пониженную температуру (от 0 до 4°C), для поддержания жизни в этих условиях в них вырабатываются и накапливаются вещества, обладающие высокой физиологической активностью: рибонуклеиновая кислота; органические кислоты – янтарная, щавелевая, яблочная, лимонная; аминокислоты – аргинин, глутаминовая кислота и др.

Тканевые препараты готовят в виде эмульсий, порошков, таблеток. Жидкие тканевые препараты вводят животным подкожно: свиньям – за ухо, крупному рогатому скоту и овцам – в область верхней трети шеи через 7–10 дней, сухие в виде порошков – в корм, 1 раз в сутки, а в виде таблеток имплантируют под кожу 1 раз за 3 мес. откорма.

Тканевые препараты являются абсолютно безвредными для животных, укрепляют общую физиологическую устойчивость (резистентность) организма, повышают прирост живой массы на 10–15 %, улучшают использование кормов.

Транквилизаторы. Продуктивность животных может значительно снизиться под воздействием различных стрессовых факторов, вызывающих

возбуждение животных, требующих приспособления их к внешнему воздействию. Стрессовые состояния могут возникнуть вследствие ранговой борьбы, агрессивности, страха, неврозов, в связи с перемещением и перевозкой, при беспривязном содержании бычков, при проявлении каннибализма и т. п.

Для профилактики стрессов применяют транквилизаторы, относящиеся к группе психотропных веществ, обладающих успокаивающим действием.

Природным транквилизатором является резерпин – алкалоид индийского растения раувольфия серпентина. Однако в качестве транквилизаторов чаще используют синтетические соединения: аминазин, пропазин, фенотиазин, гидроксизин, хлорпротиксен и др.

Транквилизаторы применяются в животноводстве не только для снятия стрессовых нагрузок, но и для получения дополнительного прироста живой массы. Желательный эффект достигается необходимой дозировкой препарата и продолжительностью его применения. При использовании транквилизаторов в качестве стимулятора роста при откорме крупного рогатого скота, свиней и птицы прирост живой массы повышается в среднем на 8–12 %.

Антиоксиданты (антиокислители) – вещества различной химической природы, способные устранить или затормозить окисление органических веществ кислородом и увеличить сроки хранения разнообразных кормовых средств.

В процессе хранения кормов (травяная мука, комбикорма, кормовые жиры и др.) часть питательных и биологически активных веществ окисляется (разрушается). При этом в кормах образуются и накапливаются токсические продукты (перекиси, кислоты, альдегиды), которые отрицательно сказываются на росте, продуктивности и жизнеспособности животных, вызывают заболевания алиментарного характера, снижают качество продукции. Для этого необходимо применять антиоксиданты. Вступая во взаимодействие с промежуточными продуктами окисления, они замедляют или прерывают этот процесс.

Различают синтетические и природные антиоксиданты. В последнее время синтезированы антиоксиданты различной химической природы, наиболее распространенными из которых, являются бутилокситолуол, бутилоксианизол, сантохин, дилудин, дибут и др. К природным антиоксидантам относится витамин Е, а также ряд фенолов, флавоноиды, некоторые стероидные гормоны и др.

Данные вещества широко применяются при производстве полнорационных комбикормов, травяной, рыбной муки, для профилактики и лечения алиментарных заболеваний.

При производстве травяной муки рекомендуется использовать сантохин в дозе 0,015–0,02 %, предварительно растворив его в маслах или жирах. Использование сантохина снижает потери каротина и лизина в 2–3 раза в процессе длительного хранения травяной муки. При производстве

полнораціонних комбикормов для свиней і птиці використовують сантохин із розрахунку 125 г/т. При виготовленні рибної муки частіше всього використовують бутилокситолуол із розрахунку 500 г/т. Для стабілізації кормових жирів використовують сантохин або бутилокситолуол.

Антиоксиданти застосовуються в цілях профілактики захворювань, пов'язаних з Е-вітамінною недостаточністю, для запобігання алиментарній енцефаломалії у цыплят-бройлерів, алиментарного ожиріння печінки у кур-несушок.

При використанні антиоксидантів в раціонах свиней і крупного рогатого скоту підвищується продуктивність і знижується витрата кормів на одиницю продукції на 8–15 %, покращуються репродуктивні здатності тварин.

Комбикорма поповнюють антиоксидантами шляхом їх включення в премікси.

Оптимальними дозами антиоксидантів для корів, биків-производителей і телят в першій половині стойлового періоду є 150–200 мг сантохіна або 300–400 мг дилудина. В другій половині зимівки, коли в кормах знижується рівень вітамінів, їх цілеспрямовано скармливать разом з вітамінами, особливо жиророзчинними.

В раціони свиноматок, хряків-производителей, ростючого і откармливаемого молодняка антиоксиданти вводяться в наступних кількостях: сантохин – 125–200 мг, дилудин – 200–400 мг на 1 кг сухої речовини корму.

7.2. Ароматическіе і вкусовіе вешества

Нутриціологія – розділ науки о кормленні. В її задачу входить не тільки обоснованне і застосування біологічески активних добавок, но і використання ароматических і вкусових вешесств для підвищення поєдаемості кормів, стимулювання секреторної функції заліз шлунково-кишкового тракту, надання раціону або кормової суміші вкусового елемента, котрим вони раніше не мали.

Запах і смак певним чином впливають на вибір і поєдаемість корму. З їх допомогою тварина здатна зробити вибір того або іншого корму відповідно до потреб організму. Крім того, здатність розрізняти запах і смак захищає тварин від отруєння токсичними вешествами.

Аромат і смак корму впливають і на шлунково-кишкову діяльність. Корма, котрі мають приємний запах і смак, стимулюють виділення слини, шлункового, кишкового соку і тим самим покращують переварювання поживних вешесств.

Травоядні тварини при виборі рослин керуються смаком, обонянням і осязанням. Травоядні краще поїдають рослини, котрі

больше азота, минеральных веществ, витаминов, жиров и особенно сахаров, и хуже – с повышенным содержанием целлюлозы (клетчатки) и лигнина.

Животные проявляют определенные вкусовые склонности. Крупный рогатый скот охотно поедает корма сладкого и кислого вкуса. Так, телята предпочитают раствор сахара в концентрации 1 %, в то же время они безразличны к лактозе и мальтозе, но любят 3–4 % растворы ксилозы, фруктозы и глюкозы. Свиньи предпочитают тростниковый сахар и в меньшей степени глюкозу и лактозу. Цыплята безразличны к сахарам и даже отказываются от раствора ксилозы. Овцы менее разборчивы, чем крупный рогатый скот, однако предпочитают сладкие корма. Козы любят сладкие, соленые, кислые и горькие корма.

Относительно вкусными кормами считают ежу сборную, овсяницу луговую, люпин кормовой, канареечник и др.

Животные предпочитают и те корма, которые содержат лимонную кислоту. Силос, содержащий масляную кислоту и повышенное количество уксусной кислоты, животные поедают неохотно.

Пахучие и вкусовые вещества кормов влияют на выбор и поедаемость кормов.

Установлено, что жирные масла, горькие и жгучие вещества, содержащиеся в растениях, раздражая обонятельные и вкусовые рецепторы, рефлекторно повышают возбудимость пищевого центра. Вследствие этого улучшается аппетит, усиливаются саливация, секреция желез желудка, поджелудочной железы, кишечника, выделение желчи, кровоснабжение, возрастает активность пищеварительных ферментов, повышается всасывающая способность кишечника, что сказывается положительно на переваримости и усвояемости питательных веществ корма.

Вкусовые качества и аромат растений изменяются под действием многих факторов, например, ухудшаются при поражении их ржавчиной, ложной мучнистой росой. Пряные травы и специи применяют в рационах животных для придания приятного запаха или маскировки запаха испорченного корма.

Применение вкусовых добавок важно в свиноводстве и звероводстве. Это объясняется тем, что данные животные на ранней стадии своего развития имеют большой потенциал роста и относятся к всеядным, поэтому, применяя ароматические и вкусовые добавки, можно увеличить потребление кормов и, соответственно, повлиять на рост и развитие животных. Часто использование таких добавок приводит к потреблению большого количества корма без всякого выбора. Особенно это важно в кормлении ослабевших поросят, телят, ягнят и зверей.

Важную роль играют вкусовые добавки в престартерных и стартерных комбикормах для поросят. Использование их способствует увеличению потребления животными комбикормов и позволяет устранить проблемы, связанные с ранним отъемом поросят.

По данным исследований, применение вкусовых добавок в кормлении поросят способствует увеличению потребления кормов на 5–16,5 %, а прироста массы – на 5–16 % в зависимости от возраста животных, вида добавки, состава и питательности основного рациона.

Широко применяют вкусовые и ароматические добавки и в коневодстве. Лошадям, страдающим гастроэнтеритом, дают смесь в виде порошка из плодов аниса, укропа, тмина и питьевой воды в равных количествах. Такой смеси добавляют по одной столовой ложке на 1 кг овса.

Ароматические и вкусовые добавки, применяемые в кормлении животных, должны отвечать следующим требованиям: соответствовать вкусу животных; сочетаться с вкусовыми качествами основного корма; не быть токсичными даже в избыточных количествах; хорошо смешиваться. Остаточные количества веществ не должны содержаться в мясе, молоке и других продуктах животноводства в пределах, превышающих нормативы. Добавки должны сохранять вкус и аромат в течение достаточно длительного срока; содержать минимальные уровни загрязнителей; тяжелых металлов, токсических веществ.

Ассортимент вкусовых и ароматических добавок в настоящее время достаточно широк.

Для телят и ягнят лучшей вкусовой добавкой является *коровье молоко*. При переходе на скармливание ЗЦМ или регенерированного молока лучшей добавкой считают сахарозу, которую добавляют в дозе 1–2 %, а при переходе на скармливание комбикормов в первые две-три недели даже в полнорационные комбикорма добавляют 10–15 % сухого обрата и 1–2 % сахарозы. Через 2–3 недели обрат из рациона исключают, а сахароза остается в тех же количествах.

Патока кормовая (меласса) образуется при переработке сахарной свеклы на сахар и является остатком после экстракции сахара из диффузионного сока. Меласса в среднем содержит 75–85 % сухого вещества, в том числе 54–63 % сахара. Сахар в основном представлен сахарозой, однако в нем почти всегда присутствует около 2 % раффинозы – трисахарида, содержащего глюкозу, фруктозу и галактозу, а также до 0,5 % инертного сахара.

Мелассу разбавляют водой и выпаивают как сироп. Но чаще ее применяют в смеси с другими кормами, такими как резка соломы, сена, силос, жом и концентраты. В 1 кг мелассы содержится 9,2 МДж обменной энергии и 50 г переваримого протеина, более 500 г сахара.

В небольших количествах мелассу считают хорошей углеводистой и вкусовой добавкой к рационам сельскохозяйственных животных. В больших количествах она может нарушать функцию желудочно-кишечного тракта за счет раздражающего действия избытка солей и нитратов. В результате наблюдается послабляющее действие. Количество скармливаемой мелассы не должно превышать 1,5–2 кг/гол. в сутки. Часто мелассу добавляют в комбикорма для улучшения вкусовых качеств и как связующий агент при

гранулировании комбикормов. Норма ввода – 3–4 % для всех видов сельскохозяйственных животных.

Сахар – вкусовая добавка, необходимая при откорме свиней. Ее скармливают в количестве 2,5 % от сухого вещества рациона и органических кислот.

Сахарин – порошок без запаха, слаще сахара примерно в 700 раз. Препарат применяют в животноводстве для придания сладкого вкуса комбикормам из расчета 30–50 г на 1 т. Такие комбикорма нельзя подвергать варке, так как при варке сахарин постепенно переходит в ортосульфамидобензойную кислоту.

Анис обыкновенный – однолетнее эфиромасличное растение семейства зонтичных. Запах и вкус его плодов пряный и сладкий. В качестве вкусовой добавки плоды аниса в измельченном виде добавляют в комбикорма для лошадей и прудовых рыб из расчета от 5 до 15 кг на 1 т.

Укроп аптечный (фенхель) – растение семейства зонтичных, с пряным запахом и сладким вкусом. Плоды укропа содержат до 7 % эфирного масла, в составе которого до 60 % приходится на анетол. Аптечный укроп используют в качестве вкусового средства, как и плоды аниса.

Полынь горькая (полынь обыкновенная) – многолетнее травянистое растение или полукустарник семейства сложноцветных. Настойку полыни используют в качестве вкусового средства для овец из расчета 1 капля на 1 кг живой массы животного в сутки, распределяя суточную дозу на 2–3 приема.

Масло анисовое – эфирное масло, получаемое из плодов обыкновенного и звездчатого аниса. Используют в качестве вкусовой добавки к комбикормам для рыб из расчета 20–30 г на 1 т, к комбикормам для лошадей, крупного рогатого скота и овец – 30–40 г на 1 т.

Масло укропное – эфирное масло, получаемое из плодов аптечного укропа. Оно содержит 50–60 % анетола и ряд терпенов. В качестве вкусового средства укропное масло применяют только для млекопитающих животных в тех же количествах, что и анисовое.

Масло какао – единственное масло из всех растительных масел, имеющее при температуре 20 °С твердую консистенцию. Получают путем прессования поджаренных и очищенных от шелухи зерен какао. В качестве вкусовой добавки масло какао применяют в смеси с ванилью (по 50 %) в комбикормах для поросят и телят из расчета 20–30 г на 1 т.

Ванилин извлекают из плодов тропического растения семейства орхидей. В настоящее время ванилин получают из лигнина путем деструкции лигниносulfатов. В качестве вкусовой добавки препарат часто используют в смеси с сахаром или маслом какао в рационах поросят и телят – 30–50 г на 100 кг комбикорма. При передозировке комбикорма приобретают горьковатый вкус.

Маслованильный аромат – ароматизатор и подсластитель, выпускается в сухом виде и является аналогом ванили и молочных сливок. Препарат вводят в корма в количестве 200–400 г на 1 т. При использовании препарата в

свиноводстве получают высокие приросты живой массы поросят за счет лучшего поедания даже непривлекательных кормов.

Биомин НЭП – препарат с приятным запахом лекарственных трав, фитоэкстрактов и фруктоолигосахаридов. Применяют в свиноводстве и птицеводстве для улучшения аппетита.

Печеночный препарат придает кормам аромат печени, способствующий лучшему потреблению корма.

Органические кислоты используют для обогащения комбикормов. Так, при введении лимонной кислоты в дозе 1 % повышается прирост живой массы молодняка свиней на 9–17 %. Фумаровая кислота усиливает неспецифическую резистентность, уровень антиоксидантной защиты, ускоряет рост животных и птицы, сокращает падеж, повышает иммунологическую реактивность организма. Она обладает выраженным адаптогенным действием при стрессе. Более того, фумаровая кислота не накапливается в организме и не оказывает отрицательного воздействия на качество мяса. Янтарная кислота особенно эффективно действует в сочетании с лимонной кислотой. При ее использовании снижается падеж кур в 2 раза, живая масса бройлеров повышается на 6–9 %, затраты корма на 1 кг прироста живой массы уменьшаются на 3–5 %.

Этиловый спирт обладает наиболее контрастными вкусовыми свойствами. Свиньям на откорме включают 5 % раствор этилового спирта из расчета 2 % от массы рациона или 100–200 мл на 1 голову в сутки.

В животноводстве находят применение такие ароматические масла, как анисовое, апельсиновое, лавровое, лимонное, мятное, перечное, укропное, шалфейное и др.

Ароматические и вкусовые вещества дают наибольший эффект в ранние фазы развития молодняка сельскохозяйственных животных – в молочный период выращивания телят и ягнят, при кормлении поросят и цыплят. Ароматические и вкусовые вещества порой применяют вместе с антистрессовыми препаратами.

7.3. Понятие о антипитательных и токсически действующих веществах отдельных кормов

В кормовых средствах антипитательные, токсичные вещества или являются естественным состоянием, или появляются при нарушении режимов выращивания растительных кормов, несоблюдении правил производства готовых к скармливанию кормов и их хранении. В этих случаях обнаруживаются вещества – структурные аналоги витаминов – антивитамины, аналоги гормонов – антигормоны и т. д. Антипитательные вещества способны избирательно снижать усвоение отдельных нутриентов без выраженного проявления общей токсичности. Такие вещества получили название антиметаболитов. К ним относят тиреоидные и антитиреоидные препараты, антивитамины, сапонины, минеральные яды, антигормоны, алкалоиды, эстрогены и еще много других веществ.

Антитрипсины – группа сывороточных белков, входящих в состав альбуминовой фракции. Один из наиболее многочисленных антитрипсинов – Альфа-1-антитрипсин (ААТ) является гликопротеидом, производимый печенью, и высвобождается в кровяное русло. Данный гликопротеид также называют ингибитором сериновых протеиназ, поскольку он подавляет активность таких сериновых протеиназ, как трипсина, хемотрипсина, эластазы, калликреина, катепсинов и других ферментов тканевых протеаз.

Функция ААТ – защитить животное от случайной активации трипсиногена, хемотрипсиногена и других ферментов тканевых протеаз. Ингибитор трипсина подвержен нагреванию, поэтому, подвергая кормовые средства нагреванию ингибитор трипсина удаляется, и корм впоследствии становится безопасным для скармливания животным.

Для взрослых жвачных животных антитрипсин и уреазы не имеют большого значения и поэтому для них не обязательна термическая обработка. Коровам и жвачным животным на откорме соевый шрот скармливают до 2–2,5 кг на голову в сутки.

Для свиней и птицы тостированный (без уреазы) шрот включают до 20 % от концентратной смеси. При этом в рационы необходимо добавлять животный белок, метионин, витамины. Без этих добавок у свиноматок могут рождаться слабые, нежизнеспособные поросята, может быть агалактия (отсутствие молока). При скармливании свиньям необработанного шрота у них наблюдается слюнотечение, потеря ориентации, отход достигает 60 %.

Антиэстрогены – вещества растений, способные тормозить развитие в организме животных действие фитоэстрогенов. К антиэстрогенам относятся вещества, сходные по действию с прогестероном.

Эстрогены – термостабильные вещества и при быстром высушивании травы горячим воздухом их активность не уменьшается, однако при приготовлении сена по обычной технологии активность эстрогенов резко снижается и в готовом сене приближается к нулю.

При высоком содержании в кормах эстрогенов возникает заболевание, которое у овец характеризуется выпадением матки, увеличением молочной железы и появлением молока у молодых овец и даже у баранов; у крупного рогатого скота нарушается половой цикл, удлиняется течка, отекает вульва, перерождаются яичники, возможна нимфомания. Беременные животные нередко abortируют. Небольшие дозы эстрогенов стимулируют рост животных, при больших – уменьшается прирост живой массы.

Полагают, что антиэстрогены специфически связываются с эстрогенозависимыми рецепторами в гипоталамусе и яичниках. В малых дозах они усиливают секрецию гонадотропинов и стимулируют овуляцию. При малом содержании в организме эндогенных эстрогенов эти препараты оказывают умеренный эстрогенный эффект, а при высоком уровне – антиэстрогенное действие с уменьшением уровня циркулирующих эстрогенов, что способствует увеличению секреции гонадотропинов. Гестагенной и андрогенной активностью не обладают.

Антивитамины – органические вещества, имеющие свойства, противоположные свойствам естественных витаминов.

Механизм действия антивитаминов сводится к вытеснению химически родственных витаминов из соответствующих ферментных систем, участвующих в обмене веществ в живом организме. Антивитамины, вступая на место витаминов, образуют неактивный ферментный комплекс, в связи с чем биохимические реакции, протекающие в клетках и тканях животных, прекращаются. Многие из них присутствуют в натуральных кормах, некоторые искусственно синтезированы. Предполагается, что антивитамины найдены по всем витаминам, за исключением витамина А.

Различные антивитамины обнаружены в кормах микробного происхождения, в растительных (хвощи, папоротники и другие растения) кормах, в том числе в силосе, особенно низкого качества. Антивитамин Е находится в кормах, содержащих испорченные (прогоркшие) жиры. Антивитамин D обнаружен в соевых бобах, пшеничной муке и других концентрированных кормах. Антивитамин В₁ установлен в кормах животного и рыбного происхождения. Антивитамин В₆ (линатин) содержится в различных кормах, включающих растительные масла. В льняном масле его концентрация доходит до 0,58 % к сухому веществу.

В природных кормах встречается антивитамин (гомолантотеновая кислота), противоположно действующий пантотеновой кислоте. Антивитамин витамина Н является овидин, содержащийся в белках куриного яйца, фолиевой кислоты – аминоптерин.

Дикумарин является антивитамином К, синтезируется некоторыми видами бактерий и грибов из фитокумаровой кислоты. Содержится в клевере, сене, силосе, особенно с признаками порчи и плесневения, в качественных кормах его нет. В результате действия дикумарина нарушается синтез протромбина в печени, снижается свертываемость крови, увеличивается порозность сосудов. Это приводит к появлению массовых кровоизлияний у животных.

Дикумарин легко вырабатывается микроорганизмами в силосах при наличии в них формальдегида (формалина). Это необходимо учитывать при использовании формалина для консервирования зеленых кормов. Формалин способствует накоплению в силосах антивитамина К.

В настоящее время известны антагонисты аскорбиновой кислоты, тиамина, биотина, рибофлавина и ниацина.

Антивитамины, содержащиеся в кормах, вредны для животных и птицы. Однако совершенствовать рационы с учетом их содержания в практических условиях невозможно, так как нет достаточных данных об их содержании в кормах.

Сапонины – водорастворимые органические вещества растений, способные в небольших концентрациях образовывать пену. Это гемолитические яды, вызывающие растворение эритроцитов. Сапонины высокотоксичны при парентеральном поступлении в организм, но не

представляют большой токсикологической опасности при оральном введении, хотя при поступлении в больших количествах раздражают слизистую желудочно-кишечного тракта. Иногда они присутствуют в люцерне и клевере.

Алкалоиды – большая группа азотсодержащих органических веществ, многие из которых обладают исключительно высокой токсичностью и нередко служат причиной отравления сельскохозяйственных животных. Ядовитые растения, содержащие алкалоиды, обладают неприятным запахом и жгучим вкусом, нередко вызывают раздражение слизистой оболочки ротовой полости, поэтому животные обычно их не поедают. Отравления чаще регистрируют среди молодых и истощенных животных, особенно когда их выгоняют на пастбище весной после длительного стойлового содержания, а также при перегонах.

К алкалоидам относятся вещества, разнообразные по химическому составу и физиологическому действию, принадлежащие к классам полициклических дитерпенов, тропанов, пиридинов и пиперидинов, пиперолизидинов, квинолизидинов, стероидов. Химическая структура отдельных алкалоидов, так же, как и принадлежность к классу химических веществ, не установлена.

Алкалоиды резко отличаются по токсичности для животных. Так, смертельная доза аконитина, основного действующего вещества аконита аптечного или аконита каракольского, составляет 0,01–0,05 мг/кг массы.

Большинство токсичных алкалоидов воздействует преимущественно на центральную нервную систему, вызывая возбуждение или угнетение животных, тремор мышц, нарушение координации движений, расширение зрачка, парезы и параличи. Отдельные алкалоиды, например, люпина, крестовника, в первую очередь поражают печень, другие, такие как термопсин (термопсиса ланцетовидного), в первую очередь оказывают влияние на органы дыхания.

Однако узконаправленного токсического действия алкалоиды не проявляют. Например, алкалоиды класса пирилизидина, к которым относят сенедионин и сенецин – действующие вещества крестовника лугового, обладают выраженным гепатогенным эффектом, возбуждают или угнетают центральную нервную систему, вызывают мышечную дрожь, параличи.

Некоторые алкалоиды оказывают эмбриотоксическое и тератогенное действие. Известно, что алкалоиды спорыньи действуют на гладкую мускулатуру матки, вызывая аборт.

Профилактика отравлений животных ядовитыми растениями включает уничтожение ядовитых трав на лугах и пастбищах с помощью гербицидов, организацию контроля за их содержанием в сене, силосе, определение уровня алкалоидов и их состава в тех растениях, которые могут быть признаны лишь условно ядовитыми – люпины, астрагалы и др. Из ядовитых растений, содержащих алкалоиды, наибольшее токсикологическое значение имеют

акониты, белена, болиголов пятнистый, гелиотроп, дурман, триходесма седая, чемерица Лобеля.

Глюкозинолаты (тиогликозиды) – это нейротоксины, класс органических соединений, которые содержат серу, азот и производные глюкозы. Глюкозинолаты являются натуральными компонентами многих растений с острым запахом, таких как дикая горчица, рапс, чина посевная, редька и др. Острота этих растений обусловлена горчичным маслом, получаемым из глюкозинолатов при жевании, разрезании или ином повреждении растения. Эти природные химические вещества способствуют защите растений от вредителей и болезней и придают характерный горький вкус овощам семейства крестоцветных.

При гидролизе они расщепляются с образованием изотиоцианатов, которые обладают токсичными свойствами, вызывают раздражение слизистых оболочек пищеварительного тракта, дыхательных путей и нарушение деятельности щитовидной железы. Соединения серы, образующиеся из глюкозинолатов, отрицательно влияют на деятельность жизненно важных органов живых организмов, в частности сердца, печени, почек.

Необходимость контроля глюкозинолатов осуществляется в целях безопасности для питания животных

Антигормоны – органические соединения, которые не допускают нативные гормоны к участию их в биохимических процессах, происходящих в теле животных, в результате чего нарушается метаболизм. Иначе говоря, экзогенные (кормовые) антигормоны, попавшие в организм, тормозят действие эндогенных гормонов. Однако экзогенные антигормоны, которые разрушаются в пищеварительном тракте, не представляют опасности для животного организма. Вредны те антигормоны, которые при пищеварении остаются без изменения и всасываются в кровь. Многие антигормоны содержатся в натуральных кормах. Антитироидные вещества (антигормоны гормонов щитовидной железы) обнаружены во многих растительных кормах, в том числе в турнепсе, кормовой капусте, соевых бобах, в семенах рапса, льна, в льняном шроте и др. Антиэстрогены найдены в люцерне, овсе, клевере, хвое, различных злаковых зеленых кормовых растениях, содержатся в зеленой кукурузе, силосах, луговой траве, зеленой ржи и т.п.

8. ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ ПО ПЕРЕВАРИМЫМ ПИТАТЕЛЬНЫМ ВЕЩЕСТВАМ

8.1. Переваривание корма как первый этап питания организма

Изучение химического состава кормов и тела животных показывает, что между ними существует сходство и в то же время вещества кормовых средств имеют определенные отличия от органических соединений тела

животного. Важнейшие группы органических соединений – белки, жиры, углеводы – представлены в кормах в ином количественном соотношении и качественно отличны от одноименных групп, входящих в состав тела животного.

Все питательные вещества содержатся в кормах большей частью в форме высокомолекулярных соединений и поэтому не могут в первоначальном виде проходить через стенки клеток желудочно-кишечного тракта. В неизменном виде в организме всасываются только вода и глюкоза. Другие углеводы, а также белки и жиры вначале должны быть предварительно расщеплены до более простых соединений, перейти в раствор и затем уже всасываться. Следовательно, переваривание – это процесс расщепления сложных питательных веществ на более простые, растворимые соединения, способные всасываться в пищеварительном тракте и поступать в кровь и лимфу.

Переваривание представляет собой совокупность механических, химических и биологических (микробиальных) воздействий.

Под влиянием механического воздействия – пережевывания, перемешивания, увлажнения – изменяются плотность, консистенция, размеры частиц и другие физические свойства корма.

Химическое действие осуществляется ферментами пищеварительных желез животного и растительных кормов.

Биологическое (микробиальное) воздействие осуществляется бактериями и простейшими микроорганизмами, которые особое значение имеют в процессе пищеварения у жвачных животных.

Таким образом, первым этапом обмена веществ между животным организмом и внешней средой является подготовка питательных веществ к всасыванию – это переваривание корма. Оно осуществляется органами пищеварения, сформированными у разных видов животных в процессе филогенетического развития под влиянием специфических свойств потребляемого корма.

8.2. Особенности пищеварения у разных видов животных

По анатомическому строению пищеварительных органов сельскохозяйственных животных делят на две основные группы.

К первой группе относят жвачных животных: крупный рогатый скот, овцы, козы, верблюды, олени, буйволы, яки, зебу. Главная отличительная особенность жвачных – наличие у них четырехкамерного желудка.

Ко второй группе – животные с простым желудком, или моногастричные: свиньи, собаки, лошади, пушные звери. Зерноядные птицы – утки, гуси, куры, индейки, цесарки, перепела, голуби, имеющие двухкамерный желудок, также относятся к этой группе.

Физиологические возможности извлечения из кормов питательных веществ с помощью пищеварения у жвачных и моногастричных животных неодинаковы.

Жвачные животные располагают мощным, непрерывно действующим микробиологическим аппаратом преджелудков, позволяющим с помощью ферментов, вырабатываемых только отдельными видами микробов, переваривать растительную клетчатку, трансформировать аммиачный азот в микробный белок и синтезировать весь комплекс водорастворимых витаминов.

У моногастричных животных таких возможностей нет или они очень ограничены; им приходится переваривать питательные вещества корма с помощью собственных ферментов и поступающих с кормами.

В процессе эволюции свиньи приспособились к поеданию кормов растительного и животного происхождения. Все участки пищеварительной системы у них развиты хорошо и имеют примерно одинаковую емкость (желудок – 8 л, тонкий отдел – 9,2, слепая кишка – 1,6, толстая и прямая кишка – 8,7 л).

Пищеварение начинается в ротовой полости, при этом характерным является периодическая секреция слюны – только во время жевания. Количество слюны, секретиремое свиньями, составляет 10–15 л в сутки.

Слюна способствует размягчению корма при его пережевывании, облегчает формирование пищевого кома и его заглатывание. В слюне свиней содержится сравнительно много ферментов (в основном амилазы и мальтазы). Амилаза действует на крахмал, расщепляя его до мальтозы. Мальтоза под действием фермента мальтазы преобразуется в глюкозу. Частичное переваривание крахмала амилазой происходит и в желудке, так как пищевая масса не сразу перемешивается с желудочным соком.

У моногастричных животных главное место переваривания крахмала и сахаров – тонкий отдел кишечника под воздействием соков, ферментов, содержащихся в панкреатическом и кишечном соках (амилазы, мальтазы, лактазы, инвертазы). В результате образуются моносахариды – глюкоза, галактоза, фруктоза, которые всасываются из кишечника в кровеносные сосуды.

Достаточно хорошо пережеванная и увлажненная слюной порция корма проглатывается и попадает в желудок. Железы слизистой оболочки желудка вырабатывают большое количество (до 10 л в сутки) секретов, в совокупности составляющих желудочный сок.

Из неорганических компонентов желудочного сока особое значение имеет соляная кислота, которая является активатором (или киназой) для пепсиногена. Кроме того, соляная кислота играет первостепенную роль в начальной стадии переваривания белка как фактор, коагулирующий белок.

В начальной фазе желудочного пищеварения, наступающей непосредственно после кормления, преобладает процесс расщепления

углеводов, идущий ещё под действием амилазы слюны, ферментов корма и ферментов бактериального происхождения.

По мере усиливающегося перемешивания слоев содержимого желудка постепенно угнетается гидролиз углеводов и начинается (под действием протеолитических ферментов и HCl) процесс расщепления белка. Дополнительно к этому происходит характерный для желудочного пищеварения свиней процесс обратного поступления содержимого двенадцатиперстной кишки в пилорическую часть желудка.

Таким путем протекает длящаяся в течение нескольких часов смешанная фаза пищеварения, во время которой происходит одновременное переваривание углеводов, белков и частично жиров.

Конечными продуктами желудочного пищеварения являются высокомолекулярные вещества: декстрины, полипептиды разной степени полимерности и жиры, которые подвергаются дальнейшему расщеплению в тонком отделе кишечника.

Тонкий отдел кишечника свиней очень длинный (16–25 м) и имеет большую вместимость (9–10 л), поэтому значительная часть процессов пищеварения протекает именно в этом отделе.

Под влиянием ферментов кишечного сока (600 мл на 40 см тонкой кишки в сутки), поджелудочной железы (7,2 г на 1 кг живой массы) и желчи (800–1000 г в сутки) биохимические процессы пищеварения здесь достигают наивысшей интенсивности. Под действием ферментов поджелудочного и кишечного сока полисахариды расщепляются до глюкозы, галактозы, пентозы, фруктозы и сарбозы.

Продукты переваривания углеводов – глюкоза, галактоза и пентоза – активно всасываются в тонком отделе кишечника, значительно пассивнее всасываются фруктоза и сарбоза.

Переваривание белков в тонком отделе кишечника свиней осуществляется в основном ферментами сока поджелудочной железы. Трипсин и химотрипсин совместно со специфическими поли- и дипептидозами панкреатического и кишечного соков расщепляют в щелочной среде белковые вещества, частично гидролизованные в желудке, до аминокислот.

Продукты расщепления белка всасываются в основном в форме аминокислот и лишь в незначительном количестве в форме простых пептидов.

Переваривание жиров происходит под действием липаз кишечного и панкреатического соков в тощей кишке при активном участии желчи. При pH 8,0 значительная часть содержимого кишечника расщепляется до жирных кислот и глицерина.

Подготовленные в процессе пищеварения в тонком отделе кишечника простые вещества, подчиняясь физико-химическим закономерностям диффузии, осмоса и фильтрации, проникают в клетки слизистой оболочки и кровью транспортируются в печень.

Продукты расщепления жиров – глицерин и жирные кислоты – всасываются при участии желчных кислот в двенадцатиперстной кишке.

Основным местом всасывания жидкостей является тонкая и подвздошная кишки. Витамины, поступающие с кормом, всасываются при прохождении по тонкому отделу кишечника. Основное количество минеральных веществ всасывается в тонком отделе кишечника.

Переваривание клетчатки у моногастричных животных происходит в толстом отделе кишечника. Слизистые оболочки толстых кишок не выделяют ферментов, поэтому переваривание здесь происходит под действием ферментов микрофлоры и поступающих вместе с кормом из верхних отделов пищеварительного тракта. Продуктами бактериального расщепления клетчатки в толстом кишечнике являются не сахара, а главным образом летучие жирные кислоты (уксусная, масляная, пропионовая). Более интенсивно эти процессы происходят у лошадей, имеющих хорошо развитый толстый отдел кишечника, меньше – у свиней, еще хуже – у птицы. Однако продукты микробного переваривания из толстых кишок имеют меньшую возможность для всасывания, чем из рубца жвачных.

В толстом отделе кишечника моногастричных животных происходит синтез водорастворимых витаминов микрофлорой, однако этот синтез для свиней является недостаточным для удовлетворения их потребностей, поэтому моногастричным животным необходимы кормовые источники витаминов группы В.

Пищеварительная система жвачных имеет отличительные особенности. Рубец и сетка в сумме имеют объем 178 л, книжка – 4, сычуг – 13 (общий объем – около 205 л), тонкий отдел – 66, слепая кишка – 10, толстая и прямая – 28 л.

В ротовой полости жвачных происходит поверхностное пережевывание корма и обильное смачивание его слюной. В процессе жевания, регулирующего функцию слюноотделения, корм измельчается до частиц величиной 1,2–1,6 мм. Слюна выделяется четырьмя парами желез. В зависимости от состава рациона для увлажнения корма при жевании и повторном пережевывании у крупного рогатого скота выделяется до 180 л слюны в сутки, у взрослых овец – до 16 л.

Однако увлажнение не является основной функцией слюны, она нужна как химический реагент, нормализующий биохимические процессы пищеварения в рубце. На 1 кг сухого вещества силосного рациона в сутки выделяется около 14 л слюны, брюквы – 32, сено-концентного рациона – 17 л.

Измельченный и увлажненный слюной корм попадает в рубец, где осуществляется переработка корма микроорганизмами. По истечении 30-70 мин. после поедания корма начинается отрывивание пищевых комков обратно в ротовую полость для повторного пережевывания. Этот процесс называется жвачкой. Повторно пережеванная порция корма, обильно

увлажненная слюной, проглатывается и вновь перемешивается с содержимым рубца и сетки.

Мелко измельченная пищевая масса имеет более высокую плотность, чем остальное содержимое рубца, поэтому она осаждается вниз, а более крупные частицы корма, с низкой плотностью, находятся в верхней части рубца, как бы плавая на поверхности жидкости.

Мелко измельченная масса, осевшая в нижней части рубца, переходит в сетку, а затем в книжку, а крупные частицы корма, плавающие на поверхности в рубце, отрываются в ротовую полость и вновь пережевываются.

Во время движений книжки, сопровождающихся сжатием содержимого, происходит всасывание воды и продвижение части содержимого в сычуг. Попавшая в сычуг пищевая масса обрабатывается соляной кислотой и сычужным соком и начинает перевариваться примерно так же, как и в организме моногастричных животных.

8.3. Особенности рубцового пищеварения у жвачных животных

В переваривании питательных веществ у жвачных главная роль принадлежит микрофлоре преджелудков, с помощью которой усваивается 60–85 % сухого вещества корма. Бактериальная масса составляет около 10 % от сухого вещества содержимого рубца (4–7 кг).

Жвачные животные эволюционно развивали в себе способность ферментировать потребляемый корм с помощью микроорганизмов.

Эта превосходная их особенность наиболее важна для переваривания кормов с большим содержанием клетчатки. В то же время ферментацию в рубце нельзя считать благоприятным способом для переваривания концентрированных кормов, так как в процессе ферментации происходит значительная потеря энергии и азота, в то время как жвачные животные способны переваривать крахмал без предварительной его ферментации.

Сложные биохимические превращения, которым подвергаются питательные вещества в преджелудках жвачных, происходят в результате жизнедеятельности огромного количества разнообразных микроорганизмов. Важное значение при этом имеет симбиоз микроорганизмов в преджелудках животного, а также оптимальные условия для культивирования полезных бактерий и простейших.

У крупного рогатого скота температура содержимого желудка поддерживается в пределах +39...+41 °С, влажность содержимого колеблется от 92 до 94 %, а реакция среды близка к нейтральной (рН 6,5–7,5). Последний фактор очень важен для развития отдельных культур микроорганизмов, так как резко кислая или щелочная реакция кормов сдвигает реакцию рубцового содержимого, а, следовательно, отражается на процессах переваривания кормов.

Следует также учитывать, что разные микроорганизмы имеют неодинаковую продолжительность цикла развития: от 30–40 минут (гликолитические и целлюлозолитические бактерии) до 2–3 дней (инфузории), при этом часть бактерий используется инфузориями, а весь их комплекс – самим животным.

Рассматривая роль отдельных культур микроорганизмов, можно подразделить их условно на группы по отношению к основному субстрату. Такое разделение нельзя считать абсолютным, так как некоторые бактерии адаптируются и выживают на разных субстратах: целлюлоза, крахмал, сахара, белки.

Целлюлоза. С точки зрения практики питания животных следует отметить три аспекта ферментации целлюлозы:

- целлюлозу ферментируют бактерии, которые очень чувствительны к кислой среде. Оптимальным для них считается рН от 6,4 до 7,0. Скорость их роста снижается при рН 6,2 и прекращается при рН 6,0;

- эти бактерии в основном продуцируют уксусную кислоту, которая влияет на уровень жира в молоке;

- они чувствительны к уровню жиров в рационе. При содержании жиров свыше 5 % от сухого вещества, активность их размножения резко снижается. В связи с этим включение в состав рационов жвачных животных жировых добавок сверх нормы снижает потребление клетчатки, а также ее переваримость.

Крахмал. Крахмалферментирующие бактерии менее чувствительны к кислой среде и могут функционировать как при рН 5,5, так и при рН 7,0. При значениях рН менее 5,5 и выше 7,0 выживают только некоторые виды бактерий. Эти бактерии синтезируют в основном молочную кислоту, а отдельные группы – пропионовую.

Сахара. Бактерии, ферментирующие сахара, продуцируют главным образом пропионовую и масляную кислоты. Масляная кислота как предшественник жирных кислот оказывает благоприятное влияние на образование молочного жира.

Белок. Многие бактерии, включая те, которые ферментируют углеводы, могут также ферментировать белок. При этом образуется аммиак, который затем использует микрофлора для синтеза белков собственных клеток, и органические кислоты. Однако бактерии не ограничиваются разрушением кормовых белков, которые необходимы для собственных нужд, они ферментируют гораздо большее их количество. Избыток образующегося при этом аммиака бактерии усвоить не могут, поэтому он всасывается в кровь и выделяется в виде мочевины с мочой. В то же время недостаток аммиака ослабляет рубцовое пищеварение и ухудшает использование кормов.

Достижение наиболее благоприятной скорости роста микрофлоры в преджелудках жвачных имеет значение не только для повышения скорости переваривания питательных веществ кормов, но также для обеспечения

высокой продуктивности животных и получения продукции хорошего качества.

Функциональное значение отдельных видов микроорганизмов в процессах переваривания питательных веществ кормов и синтезе веществ, необходимых для организма животных, весьма разнообразно и очень важно.

Грибы участвуют в синтезе аминокислот и гликогена, в синтезе липидов, сбраживают простые сахара, синтезируют витамины группы В.

Инфузории активно участвуют в обмене углеводов (расщепление крахмала и целлюлозы, накоплении гликогена), обладая протеазной и пептидазной активностью, гидролизуют белки до пептидов и аминокислот, а также синтезируют протеины. Оказалось, что инфузории обладают липидосинтезирующей функцией, а также сбраживают углеводы до ЛЖК.

Целлюлозолитические бактерии расщепляют и переваривают клетчатку; амилазные – гидролизуют крахмал, ферментируют декстрины и мальтозу; молочнокислые – сбраживают простые углеводы (глюкоза, мальтоза, галактоза, лактоза и сахароза); сахаролитические бактерии также ферментируют простые растворимые сахара; липолитические – гидрогенизируют ненасыщенные жирные кислоты, некоторые преобразовывают глицерол, выделяемый при гидролизе жиров.

Кормление животных – основной фактор, определяющий эффективность трансформации питательных веществ корма и продуктивность микробной популяции рубца. По этой причине при организации кормления следует учитывать уровень не только питания самого животного, но и микрофлоры его преджелудков. Эти уровни питания могут не совпадать, и пренебрежение пищевыми потребностями микрофлоры приводит к снижению эффективности использования кормов.

Например, установлено, что введение в рацион кормления взрослых жвачных животных антибиотиков вызывает резкое нарушение пищеварения и снижает переваривание углеводов, а количество микроорганизмов уменьшается на 75 %. Однако в раннем возрасте (2–3 месяца), когда рубцовое пищеварение имеет сравнительно небольшое значение, подкормка антибиотиками способствует повышению энергии роста.

Рост, развитие и функционирование отдельных культур бактерий и других микроорганизмов, населяющих преджелудки жвачных, поддается регулированию посредством изменения состава питательных веществ в корме.

В рационах кормления жвачных животных углеводы занимают значительный удельный вес. Они участвуют в синтезе составных веществ молока. Большая часть углеводов корма в преджелудках подвергается сбраживанию и всасывается в виде летучих жирных кислот.

По скорости образования летучие жирные кислоты располагаются в следующем порядке: уксусная, пропионовая, масляная и в незначительных количествах валериановая, яблочная, изомасляная и изовалериановая кислоты. В течение суток у лактирующих коров при кормлении сеном и

концентрациями в рубце образуются: уксусной кислоты – 870–1650 г, пропионовой – 340–1160 и масляной – 320–610 г. При обычных условиях сено-концентратного кормления в рубце содержится в среднем 60–65 % уксусной кислоты, 22–25 % пропионовой и 5–13 % масляной кислоты.

Уксусная кислота образуется в содержимом рубца в наибольшем количестве и может составлять до 85 % всех летучих жирных кислот. Всасываясь непосредственно стенкой рубца, она проходит затем через печень, где мало изменяется и, поступив в кровеносную систему, используется в организме для построения тканей, а также как энергетический материал. В организме животных она очень трудно превращается в углеводы, в то же время энергетический распад ее происходит легко.

Кроме того, что уксусная кислота участвует в энергетическом обмене, она с успехом используется в терморегуляции организма и для синтеза жира так называемыми липогенетическими тканями. Этот процесс происходит в стенке кишечника, в печени, легких, жировой ткани и молочной железе. Особенно интенсивно используется уксусная кислота для синтеза жира молочной железой жвачных. Вымя лактирующей коровы поглощает из крови от 40 до 80 % уксусной кислоты.

Пропионовая кислота образуется в рубце в сравнительно небольшом количестве – около 20 % от общего количества летучих жирных кислот. В зависимости от условий кормления, ее содержание может достигать 40 %. Значительная концентрация пропионовой кислоты в венах рубца и почти полное отсутствие в периферической крови показывает, что большая часть ее изменяется в стенке рубца и печени, превращаясь в глюкозу, которая в дальнейшем используется в энергетических целях для синтеза лактозы (молочного сахара), а при избытке – для отложения жировых запасов.

Масляная кислота может образовываться в рубце в количествах от 5 до 20 % по отношению к общему содержанию летучих жирных кислот. Она образуется после расщепления кормовых белков. Ее количество может увеличиваться после кормления свеклой в результате соединения уксусной и пропионовой кислот или конденсации двух молекул уксусной кислоты. В энергетическом отношении масляная кислота почти в 2 раза превышает уксусную и пропионовую кислоты.

Всасываясь через стенку рубца, масляная кислота может частично использоваться печенью для образования жирных кислот. Необходимо обратить особое внимание на способность масляной кислоты превращаться в организме жвачных в кетоновые тела. Это превращение происходит уже при прохождении ее через эпителиальную стенку рубца, поэтому ее следует рассматривать как промежуточный продукт, который превращается в дальнейшем в пропионовую кислоту.

Особый интерес и вместе с тем большую сложность представляют вопросы, связанные с изучением всасывания в рубце. Процесс всасывания летучих жирных кислот нельзя рассматривать изолированно от их обмена. Эпителий рубца метаболически активен по отношению ко всем летучим

жирным кислотам, но превращения уксусной кислоты происходят главным образом в других сильно аэробных экстрагепатических тканях. Обмен пропионовой кислоты связан преимущественно с печенью. Обмен масляной кислоты осуществляется в эпителии рубца, а также в печени.

На всасывание в рубце уксусной, пропионовой и масляной кислот оказывает влияние реакция рубцового содержимого. При низком рН (например, 5,8) всасывание происходит более интенсивно, чем при высоком (рН 7,5). Доказано, что при рН 5,6–6,5 летучие жирные кислоты в рубце всасываются в следующем порядке: уксусная больше, масляная меньше, пропионовая еще меньше. При рН 3,0 масляная кислота всасывается в 2 раза быстрее уксусной.

Существует тесная связь между расщеплением углеводов и обменом жиров. Полное сгорание жирных кислот может осуществляться только в том случае, если в ходе расщепления глюкозы образуется достаточное количество щавелево-уксусной кислоты. При неправильном кормлении жвачных животных расщепление глюкозы не обеспечивает образования достаточного количества щавелево-уксусной кислоты, необходимой для сгорания жирных кислот, вследствие чего возникает заболевание коровы кетозом. Уровень глюкозы в крови при этом снижается до 4,5 мг% и ниже. Снижение образования пропионовой кислоты в рубце также приводит к снижению образования глюкозы. Если в рубце бактериальное брожение происходит так, что вместе с уменьшением образования пропионовой кислоты увеличивается образование масляной кислоты, опасность заболевания кетозом возрастает.

Исследованиями многих авторов установлено, что чем выше относительное содержание уксусной кислоты в рубце, тем ниже эффективность использования корма, поскольку в этом случае наблюдается недостаток пропионовой кислоты, необходимой для включения уксусной кислоты в лимоннокислый цикл. Следует отметить, что регулирование процессов, происходящих в преджелудках жвачных, делает возможным управление промежуточным обменом веществ, а тем самым управление продуктивностью животных. Установлено, что при скармливании в начале весны молодой травы с низким уровнем клетчатки образовывалось больше масляной кислоты, в летние и осенние месяцы – больше пропионовой, а при использовании этих трав в сухом виде – уксусной кислоты.

Рассматривая обмен летучих жирных кислот при различных типах кормления можно отметить, что при сенном типе кормления наблюдается низкая активность рубцовой микрофлоры в связи с недостаточным поступлением легкопереваримых углеводов – энергетического материала для микроорганизмов. Кроме того, высокий удельный вес сена в рационе не оправдан экономически, так как заготовка этого корма связана с высокими материальными и трудовыми затратами.

При наличии достаточного количества крахмалистых кормов в рационе отмечается увеличение числа микроорганизмов в рубце и повышение

использования клетчатки, а при избытке крахмала происходит снижение уровня уксусной кислоты и увеличение масляной, при этом снижается использование клетчатки.

Если при скармливании рационов с достаточным количеством крахмала отмечается рост числа микроорганизмов в рубце, то при использовании в рационах кормов с высоким уровнем сахаров этого не происходит, так как при этом снижается рН, что тормозит рост бактерий. Это можно объяснить тем, что в рубце происходит резкое образование большего количества молочной кислоты, чем может использоваться ферментативной системой микроорганизмов. Дальнейшее превращение молочной кислоты в этом случае связано с образованием масляной и частично пропионовой кислот и недостатком глюкозы, которая в этом случае синтезируется из пропионовой кислоты. При этом происходит снижение молочной продуктивности коров.

Рассматривая силосный тип кормления можно, отметить, что скармливание животным силоса хорошего качества является экономически выгодным, так как при этом снижается потребность в грубых и концентрированных кормах и таким образом снижается себестоимость получаемой продукции. Особенно благоприятное влияние на секрецию желез и бродильные процессы оказывает скармливание силоса вместе с корнеплодами и в составе смешанных сбалансированных по клетчатке сахару и крахмалу рационов. При этом отмечается повышение образования в рубце уровня пропионовой кислоты, которая улучшает переваримость и использование клетчатки и в связи с этим повышает процент жира в молоке.

Большое влияние на переваривание клетчатки в рубце оказывают микроэлементы. Введение в рацион кобальта, железа, магния, марганца и меди улучшает переваримость клетчатки, тогда как избыток фтора и марганца тормозят эти процессы.

Не менее важным фактором, влияющим на эффективность промежуточного обмена, является содержание в кормах азота. Быстро размножающаяся микрофлора преджелудков нуждается в значительном количестве азотистых соединений для построения своего тела. При этом наряду с белковыми формами могут использоваться и небелковые формы азота.

Переваривание белков в рубце жвачных происходит под действием протеолитических ферментов микрофлоры до пептидов, аминокислот, а затем – до аммиака. Примерно 70–80 % всего поступившего с кормом протеина превращается в рубце в аммиак, который используется микроорганизмами для синтеза заменимых и незаменимых аминокислот и микробного белка. Однако для синтеза этого белка наряду с аммиаком необходимы и свободные аминокислоты, в основном незаменимые. Установлено, что бактериальный белок примерно на 2/3 образуется из аммиака и на 1/3 – из аминокислот кормов. Так как аммиак в рубце образуется не только из белка, но из небелковых азотистых веществ, его в

рационах для жвачных животных можно заменить синтетическими азотистыми веществами, в том числе карбамидом.

Переваривание кормов сопровождается образованием газов, особенно у жвачных. За сутки в рубце коровы может образоваться до 600–700 л газов в пастбищный период и 300–400 л – в зимне-стойловый. Наибольшее количество (60–70 %) от объема составляет углекислый газ, на долю метана приходится 25–35 % и водорода – около 5 %. С метаном теряется около 8 % валовой энергии рациона. В качестве ингибиторов метанообразования предложены некоторые антибиотики и производные хлорной кислоты, но они иногда отрицательно влияют на потребление корма и его ферментацию.

Рассматривая в целом процесс переваривания корма у сельскохозяйственных животных, можно сказать, что переваримость представляет собой последовательный ферментативный гидролиз пищевых полимеров (белков, жиров и углеводов) сначала до промежуточных продуктов, а затем до мономеров – аминокислот, моносахаридов и жирных кислот.

Эти вещества в растворенном виде легко всасываются в кишечнике и поступают в кровь и лимфу и последующим использованием для синтеза сложных органических соединений тела животных. Непереваренная часть корма выделяется из пищеварительного тракта животного в виде кала.

Следовательно, переваримыми называются такие питательные вещества, которые в результате пищеварения поступают в кровь и лимфу.

Таким образом, зная количество поступившего в пищеварительный тракт животного с кормом того или иного вещества и выделенного с калом за определенный период времени, можно рассчитать количество питательного вещества, переваренного в организме:

$$\text{переваримое питательное вещество} = \text{питательное вещество корма} - \text{питательное вещество кала}$$

Знание переваримости кормов (основных питательных веществ) разными видами сельскохозяйственных животных позволяет правильно оценить их питательность. Переваримую часть корма принято выражать в процентах. Отношение переваримой части корма к потребленной, выраженное в процентах, называют коэффициентом переваримости (КП).

$$\text{КП} = \frac{\text{Переваримое питательное вещество}}{\text{Съеденное питательное вещество}} \times 100\%$$

Чаще определяют коэффициенты переваримости сухого и органического вещества, протеина, жира, клетчатки, БЭВ.

Только с помощью исследований по переваримости и способности животных переваривать и усваивать корма можно дать оценку питательности

корма. Данные исследования дают возможность сравнивать переваримость питательных веществ животными разных видов, пород, гибридов, разного возраста, уровня продуктивности и т. д. Данные о переваримости являются основой для определения энергетической питательности кормов.

8.4. Методика и техника определения переваримости питательных веществ корма

Для определения переваримости кормов используется несколько методов: прямой, дифференцированный, инертных индикаторов, *in vitro* и др.

Чаще применяется *метод прямых опытов*: точно учитывают, сколько за период опыта съедено кормов и выделено кала, определяют содержание в кормах и кале питательных веществ. По разнице между веществами, принятыми с кормами и выделенными с калом, рассчитывают количество переваренного вещества.

Для проведения опытов отбирают 3–4 животных, однородных по происхождению, полу, возрасту, конституции, упитанности, темпераменту, уровню продуктивности и т.д. Животных содержат в специально сконструированных клетках или групповых стойлах. В ряде случаев используют сбрую, на которую крепят мешки из клеенки или полиэтиленовой пленки для сбора выделений.

В опытах с крупным рогатым скотом опыты можно проводить и в обычных стойлах без специального оборудования. Кал собирают дежурные. Опыт состоит из предварительного и учетного периодов. Задача предварительного периода – освободить пищеварительный тракт от остатков прежнего рациона, приучить животных к изучаемым кормам, условиям опыта. Продолжительность этого периода для жвачных животных и лошадей обычно составляет 10–15 дней, для свиней – 10 и для птицы – 5–7 дней.

За предварительным периодом следует учетный период продолжительностью 5–10 дней в зависимости от вида животных. В этот период точно учитывают количество заданных кормов и их остатков; количество выделенного кала. Отобранные для зоотехнического анализа средние пробы кала (5–10 % от выделенного) консервируют 10%-м раствором соляной кислоты (из расчета 100 мл на 1 кг кала) и дополнительно добавляют 5–10 капель хлороформа или 40 %-ного формалина.

Таким путем определяют переваримость питательных веществ рациона в целом или отдельного корма, который может быть единственным в рационе. Если отдельно взятый корм не может обеспечить нормального питания, его переваримость изучают дифференцированно в двух последовательных опытах (табл. 8.1).

Таблица 8.1 – Примерная схема дифференцированного опыта

Номер опыта	Условие кормления	Период опыта
Первый	Основной рацион (ОР)	Предварительный и учетный
Второй	70-80 % ОР + 30–20 % изучаемого корма	Предварительный и учетный

В первом опыте определяют переваримость питательных веществ основного рациона, содержащего 5–10 % (по сухому веществу) изучаемого корма. Во втором опыте изучают переваримость рациона, в котором 20–30 % сухого вещества заменено исследуемым кормом.

Между двумя опытами делают трехдневный переходный период с целью проверки поедаемости кормов второго рациона.

Если во втором опыте взяли 80 % рациона первого опыта, то, чтобы определить количество переваренных веществ изучаемого корма, необходимо от количества переваренных веществ во втором опыте вычесть переваренные вещества, полученные из 80 % кормов рациона первого опыта.

Определение переваримости по обычным методикам требует больших затрат труда, времени, средств. Необходимо круглосуточное дежурство обслуживающего персонала, проведение большого количества анализов. Требуется оборудование, которое, как правило, изготавливается по индивидуальным заказам. В связи с этим используются более дешевые методы определения переваримости, одним из которых является *метод инертных индикаторов*.

Суть метода в том, что к изучаемому корму добавляют определенное количество инертного вещества, которое не переваривается организмом.

В последнее время используют внешние (вводимые в корм) и внутренние – имеющиеся во всех кормах индикаторы. Из внешних индикаторов используется окись хрома, из внутренних – кремний и лигнин. При работе с окисью хрома требуется его равномерное распределение в кормах, достигаемое путем тщательного перемешивания. При использовании в качестве индикаторов кремния или лигнина нет необходимости вводить их в рацион. Для определения коэффициентов переваримости питательных веществ необходимо только определить их содержание в кормах и кале, а также концентрацию инертного вещества. Коэффициенты переваримости определяют по формуле:

$$КП = 100 - \left(100 \times \frac{a}{a_1} \times \frac{b}{b_1} \right),$$

где КП – коэффициент переваримости, %; а – % инертного вещества в корме; а₁ – % инертного вещества в кале; b – % питательного вещества в корме; b₁ – % питательного вещества в кале.

Метод фекального индекса используют для оценки переваримости зеленых кормов. По этому методу анализируют только кал, так как

установлена прямолинейная связь между переваримостью питательных веществ корма и содержанием азота в кале животных. Предложено несколько формул для определения переваримости данным методом. Определить переваримость органического вещества летних рационов коров можно по формуле:

$$y = 46,89 + 8,21x,$$

где y – коэффициент переваримости органического вещества, %; x – содержание азота в органическом веществе кала, %.

Для определения переваримости органического вещества этим методом отбирают пробу кала (около 0,5 кг) и по нему определяют содержание сухого вещества, золы и азота.

Разработана методика определения переваримости питательных веществ отдельных кормов вне организма животного – *in vitro*.

Навеску корма помещают в раствор, содержащий пепсин и соляную кислоту, или рубцовую жидкость – пепсин и соляную кислоту. Смесь инкубируют в термостате при температуре +37 °С в течение определенного времени. В первом случае определяют переваримость протеина, во втором – всех органических веществ корма. Коэффициент переваримости *in vitro* определяется как доля вещества, перешедшего в раствор после инкубации. Как правило, коэффициенты бывают ниже определяемых *in vivo*, т. е. в живом организме, поэтому используют поправочные коэффициенты. Тем не менее метод *in vitro* полезен для определения приблизительных величин переваримости большого числа образцов или редких образцов, например, при селекции растений.

Точность коэффициентов переваримости. Определяемые в опытах коэффициенты переваримости не в полной мере соответствуют действительности. Образующийся в процессе ферментации углеводов метан и углекислый газ теряются и не учитываются при определении переваримости. По этой причине коэффициенты переваримости углеводов, особенно для жвачных, завышены.

Как выяснилось, не весь кал представляет собой остатки корма. Вместе с калом выделяются многие вещества из тела животного: остатки пищеварительных соков, эпителий слизистых оболочек и др. Это ведет к занижению коэффициентов переваримости протеина, жира. По этой причине полученные в опытах величины называют коэффициентами видимой переваримости (в отличие от коэффициентов истинной переваримости). Коэффициенты видимой переваримости являются вполне удовлетворительными для органических веществ кормов, однако для минеральных веществ они часто бывают бессмысленными. Если, например, опыт по переваримости следует за периодом, когда животное получало избыток кальция, то этого элемента выделяется с калом больше, чем поступает с рационом, и коэффициент переваримости будет отрицательным.

8.5. Система оценки питательности кормов по сумме переваримых питательных веществ

Данные о переваримости кормов представляют собой средние величины, а не биологические константы. В связи с этим такие данные следует использовать осторожно, особенно применительно к кормам, состав которых значительно колеблется. Тем не менее, данные о содержании в кормах переваримых питательных веществ используются как основа для оценки энергетической питательности кормов. В США и ряде других стран энергетическую питательность кормов оценивали по сумме переваримых питательных веществ (СППВ):

$$\text{СППВ} = \text{пП} + \text{пЖ} \times 2,25 + \text{пК} + \text{пБЭВ},$$

где пП – переваримый протеин; пЖ – переваримый жир; пК – переваримая клетчатка; пБЭВ – переваримые безазотистые экстрактивные вещества.

Энергетическая ценность жиров в 2,25 раза выше, чем углеводов, поэтому количество жира умножают на этот коэффициент. Обычно СППВ выражают в г в кг корма или в процентах.

Например, в 1 кг зерне овса содержится переваримых веществ, %: протеина – 8, жира – 4, клетчатки – 3, БЭВ – 45, то

$$\text{СППВ 1 кг овса} = 8 + (4 \times 2,25) + 3 + 45 = 65 \%, \text{ или } 650 \text{ г.}$$

Преимущество системы оценки питательности кормов по СППВ заключается в простоте. А недостаток ее в том, что она не учитывает, как переваримые вещества корма включаются в обмен веществ и используются для образования продукции. Кроме того, при расчете СППВ углеводы и протеин считаются эквивалентными по энергетической ценности, хотя энергетическая ценность протеина в 1,36 раза выше, чем углеводов, поэтому выдвигалось предложение при расчетах СППВ количество протеина умножать на этот коэффициент.

Опытами установлено, что 1 кг СППВ обеспечивает примерно 18,42 МДж переваримой энергии.

8.6. Факторы, влияющие на переваримость кормов

На переваримость кормов влияет множество факторов: вид, возраст, индивидуальные особенности животного, условия кормления в период роста животного, состав и свойства корма, режим кормления, подготовка кормов к скармливанию и др.

Вид животного. Из-за различий в устройстве и функциях пищеварительного тракта одни и те же корма разными видами животных перевариваются неодинаково. Наибольшее сходство в переваримости питательных веществ зерновых, сочных кормов и хороших сортов сена

наблюдается у крупного рогатого скота, овец и коз, но грубые корма, богатые клетчаткой (например, солому), крупный рогатый скот переваривает лучше, чем овцы.

По сравнению со жвачными лошади переваривают корм хуже, и разница тем значительнее, чем богаче корм клетчаткой. Уступают жвачным по способности переваривать грубые корма свиньи, но у жвачных и свиней совпадают коэффициенты переваримости зерна, жмыхов, корнеплодов.

У птицы переваримость питательных веществ кормов хуже, чем у сельскохозяйственных животных, из-за быстрого прохождения пищи через пищеварительный тракт.

Возраст животного. Способность животных переваривать корма зависит от возрастных, морфологических и физиологических особенностей органов пищеварения. Переваримость кормов животными разного возраста заметно различается. Сухое вещество молочных кормов переваривается телятами, ягнятами и поросятами на 96–98 %, а при переходе на самостоятельное питание хозяйственными кормами переваримость его снижается до 40–50 %. С началом самостоятельного питания переваримость питательных веществ постепенно повышается и достигает максимума к окончанию развития пищеварительной системы.

У жвачных, свиней и птицы формирование пищеварительной и ферментной систем в зависимости от характера кормления обычно заканчивается в 4–6-месячном возрасте. Очень молодые животные не могут эффективно переваривать грубый корм, как взрослые, пока их пищеварительная система не достигнет полного развития. Старые животные с плохими зубами и нарушенным пищеварением значительно хуже переваривают корма, чем животные, не имеющие этих нарушений.

Порода и индивидуальные особенности животного. Существенные колебания в коэффициентах переваримости наблюдаются как у животных разных пород, так и у отдельных животных одной и той же породы и возраста. Особенно значительны индивидуальные различия в переваримости грубых кормов (до 14 %), меньше – для других кормов (до 3–4 %). Эти вариации обуславливаются природными особенностями животных, приобретенными ими рефлексам на пищевые раздражители и различным функциональным состоянием органов и систем, от которых зависит пищеварительная способность.

Упитанность животных, физическая нагрузка сказываются на переваримости питательных веществ кормов. Переваримость кормов хуже у истощенных животных, чем у нормально упитанных. При тяжелой физической нагрузке у лошадей переваримость также снижается, но при умеренной нагрузке она выше, чем без работы. При интенсивном использовании производителей переваримость питательных веществ снижается, поэтому их рационы должны состоять из легкопереваримых кормов.

Условия кормления в период роста влияют на развитие и функцию органов пищеварения. Под влиянием того или иного типа кормления в период выращивания способность животных переваривать корм в последующем изменяется адекватным образом, иными словами, какой тип кормления был применен в молодости, к такому типу кормления в последующем животные оказываются лучше приспособленными.

Состав, свойства корма и режим кормления. Переваримость зависит от химического состава корма и соотношения в нем отдельных питательных веществ. Односторонний избыток или недостаток питательных веществ отрицательно сказывается на переваримости. Среди питательных веществ наибольшее влияние на переваримость оказывают протеин и клетчатка. Чем больше в корме клетчатки, тем ниже переваримость органического вещества (табл. 8.2).

Таблица 8.2 – Коэффициенты переваримости органического вещества кормов животными разных видов в зависимости от содержания клетчатки
(В. К. Пестис и др., 2021)

Содержание сырой клетчатки в сухом веществе корма, %	Коэффициент переваримости, %		
	крупный рогатый скот	свиньи	лошади
0	90,1	92,2	-
0,1–5,0	89,1	86,9	-
5,1–10,0	86,9	80,6	-
10,1–15,0	76,3	68,9	81,2
15,1–20,0	73,3	65,8	74,9
20,1–25,0	72,4	56,0	68,6
25,1–30,0	66,1	44,5	62,3
30,1–35,0	61,0	37,3	56,0

Имеется прямая корреляция между содержанием клетчатки в сухом веществе корма и переваримостью органического вещества крупным рогатым скотом, кроликами и курами.

На переваримость оказывает влияние соотношение в рационе переваримых безазотистых веществ с переваримым протеином – протеиновое отношение. У жвачных животных для нормального переваривания протеиновое отношение должно быть 8–10:1, у молодых растущих животных всех видов – 5–6:1, у свиней не наблюдается снижения переваримости при расширении протеинового отношения до 12:1.

При несоблюдении протеинового отношения в кормах и рационах понижается, прежде всего, переваримость клетчатки и протеина. Причиной ухудшения переваримости является снижение секреции пищеварительных желез и изменение микробиологических процессов в желудочно-кишечном тракте.

Дефицит легко ферментируемых углеводов (сахаров, крахмала) в рационах жвачных животных также снижает переваримость питательных

веществ, особенно протеина, так как в этом случае из-за недостатка питания угнетается жизнедеятельность микрофлоры преджелудков. Оптимальные условия для переваривания питательных веществ дойными коровами создаются при сахаропротеиновом отношении 0,8–1,1:1, а крахмала к сахару – 1,5:1.

Существенное влияние на переваримость и всасывание питательных веществ кормов оказывают витамины и минеральные элементы, от недостатка которых наблюдаются расстройства пищеварения (поносы, запоры и др.), вызываемые нарушением моторных и секреторных функций пищеварительного тракта и понижением его тонуса.

На переваримость корма оказывают влияние органические кислоты, продукты гидролиза белка и др. Действие этих веществ сказывается в активации секреции пищеварительных желез. Например, включение в рацион свиней силоса хорошего качества повышает сокоотделение и переваримость корма. Корма, содержащие органические кислоты, усиливающие секрецию поджелудочной железы, особенно полезны при скармливании в составе рациона больших количеств крахмалистых кормов (зерновых злаковых и картофеля).

Переваримость кормов зависит также и от некоторых специфических свойств (вкуса, запаха), с которыми связан аппетит животного. Интенсивное сокоотделение и энергичная моторика пищеварительного тракта при вкусном корме способствуют лучшему перевариванию корма. Скармливание разнообразных кормов в рационе поддерживает у животных хороший аппетит, что улучшает переваримость питательных веществ.

Деятельность пищеварительных органов в сильной степени зависит от режима кормления (кратности, своевременности, порядка скармливания кормов и др.). Большое влияние на переваримость оказывает размер порции корма в одно кормление. Хотя отделение пищеварительных соков усиливается с увеличением количества съеденного корма, но очень большие порции перевариваются все же несколько хуже, так как они быстрее проходят по пищеварительному тракту. Кроме того, при обильном кормлении нарушаются функции пищеварения: наблюдается потеря аппетита, отсутствие жвачки у скота и др. Чтобы обеспечить нормальную переваримость при обильном кормлении, корм следует задавать чаще и небольшими порциями.

На переваримость питательных веществ оказывает влияние подготовка кормов к скармливанию, облегчающая механическую переработку в пищеварительном тракте и действие пищеварительных ферментов, а также улучшающая вкусовые свойства (степень измельчения и физическая форма корма, обработка грубого корма, богатого клетчаткой, сдобривание кормов, добавление в рационы ферментных препаратов, приготовление сложных полноценных кормовых смесей и комбикормов).

8.7. Пути повышения переваримости питательных веществ кормов

Способы повышения переваримости питательных веществ включают в себя: балансирование рационов по детализированным нормам кормления, оптимальная техника кормления, подготовка кормов к скармливанию, использование полнорационных кормосмесей, ферментных препаратов.

При балансировании рационов следует учитывать не только абсолютные, но и относительные показатели: протеиновое, сахаропротеиновое (для жвачных) отношение, соотношение между щелочными и кислотными элементами и др.

Эффективным способом повышения переваримости является подготовка кормов к скармливанию с использованием физических, химических и биологических методов. Так, измельчение зерна повышает площадь соприкосновения с ферментами и улучшает переваримость (табл. 8.3).

Таблица 8.3 – Переваримость питательных веществ концентратов свиньями в зависимости от степени помола, % (С.Н. Хохрин, 2018)

Степень помола	Органическое вещество	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ
Крупный	74,3	74,7	44,9	32,5	82,0
Средний	75,4	77,0	51,4	32,9	82,5
Мелкий	77,3	78,7	59,7	37,4	83,5

Термическая обработка зерен бобовых разрушает содержащиеся в них ингибиторы протеолитических ферментов, запаривание картофеля повышает переваривание свиньями питательных веществ, особенно протеина.

Для повышения переваримости грубых кормов, богатых клетчаткой, например, соломы, применяют обработку щелочными реагентами (аммиачной водой, кальцинированной, каустической содой), которые разрушают связи между лигнином и целлюлозой, в результате чего улучшается доступность для действия ферментов.

Увеличение клетчатки в рационе сопровождается снижением переваримости питательных веществ. Чем больше в клетчатке лигнина, тем меньше ее переваримость. Односторонняя минеральная подкормка животных мелом несколько понижает переваримость органического вещества. Добавка же в рацион сложной минеральной смеси, соответствующей по составу золе хорошего клеверного или люцернового сена, увеличивает коэффициент переваримости органического вещества на 5–10 %.

Хороший эффект по увеличению переваримости корма дает его обогащение легкоусвояемым фосфором.

Улучшить переваримость питательных веществ зернофуража собственного производства можно путем его включения в состав

полноценных смесей, обогащенных белково-витаминно-минеральными добавками.

Важным резервом повышения переваримости кормов является использование ферментных препаратов, обладающих целлюлозолитическим, пектолитическим действием. Эти препараты облегчают животным, особенно моногастричным, переваривать клетчатку, гемицеллюлозу.

Повысить доступность питательных веществ можно путем добавки в комбикорма или зерновую дерть экзогенных ферментов, способных разрушить клеточные стенки растительных кормов, гидролизовать крупные молекулы некрахмалистых полисахаридов, повышая переваримость и усвояемость питательных веществ корма. В нашей стране разработаны и широко применяются для этих целей комплексные ферментные препараты – мультиэнзимные композиции.

В значительной мере повысить переваримость питательных веществ можно за счет улучшения их качества, используя прогрессивные способы заготовки кормов. Чем выше переваримость питательных веществ, тем полнее они используются для образования продукции, тем лучше будет состояние здоровья животных, более эффективным будет использование кормов.

Очень важно строго соблюдать распорядок дня, так как при перебоях в кормлении снижается секреция пищеварительных ферментов, что отрицательно сказывается на переваримости. Более частым должно быть кормление молодняка из-за ограниченной емкости пищеварительного тракта. Установлено, что при больших дачах концентратов дойным коровам их лучше скармливать чаще, дробными порциями.

На переваримость питательных веществ оказывает влияние еще и целый ряд других факторов, таких как возраст, порода, физиологическое состояние животных и др.

9. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНОГО. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ

9.1. Обмен веществ и энергии как основа жизненных процессов в организме животных

Обмен веществ и энергии – это совокупность химических и физических превращений веществ, происходящих в живом организме и обеспечивающих его жизнедеятельность во взаимосвязи с окружающей средой. Обмен веществ и энергии составляет основу жизни на Земле, причем характер и интенсивность обменных процессов, координация и интеграция их являются факторами, которые обеспечивают жизнедеятельность организма животного, уровень его продуктивности и срок эксплуатации.

Назначение обмена веществ и энергии заключается, прежде всего, в обеспечении пластических процессов, т.е. в доставке организму таких химических веществ, которые необходимы для построения его структурных элементов, поддержания функциональной активности систем и восстановления расходуемых и удаляемых веществ.

Вместе с этим необходимым условием для обеспечения жизненных функций является поступление энергии. В ходе реализации процессов обмена веществ происходит расщепление сложных химических соединений, при этом потенциальная энергия химических связей освобождается, превращаясь в тепловую и механическую.

Сущностью обмена веществ, или метаболизма, является поступление в организм из окружающей среды различных веществ, усвоение и использование их в процессах жизнедеятельности и выделение образующихся продуктов обмена. Важно подчеркнуть, что обмен веществ и энергии составляют одно целое и подчиняются универсальному закону сохранения материи и энергии.

Обмен веществ – это основа развития живого организма. В процессе жизни ни одна клетка тела не остается постоянной. Вещество ее непрерывно разрушается и восстанавливается или же разрушается вся клетка полностью, а на ее месте образуется новая, таким же образом идет обновление ткани или органа. Процесс восстановления вещества клетки или ткани – это не простое повторение ранее существовавшего, он сопровождается количественными и качественными изменениями. Следовательно, восстановление вещества клетки или самой клетки в процессе обмена представляет собой простейшую форму развития.

Нет такого момента в жизни организма, когда метаболический процесс и, следовательно, развитие прекращается совершенно. Он может усиливаться или ослабляться, синтез превалировать над распадом или наоборот, но движение живой материи ни на миг не прекращается. В течение жизни животного все клетки тела меняются много раз. Это составляет одну из главных сущностей развития.

Обмен веществ и энергии включает два основных, непрерывно связанных между собой процесса – ассимиляцию (анаболизм) и диссимиляцию (катаболизм).

Катаболизм – это ферментативное расщепление крупных молекул углеводов, протеинов и жиров, осуществляющееся за счет реакций окисления с образованием более мелких молекул. Катаболизм сопровождается выделением свободной энергии, заключенной в сложных структурах крупных органических молекул, и запасанием ее в форме энергии фосфатных связей аденозинтрифосфата (АТФ).

Анаболизм – это ферментативный синтез сравнительно крупных клеточных компонентов (белка, нуклеиновых кислот, жира и т.д.) из простых предшественников. Данный процесс связан с потреблением энергии, которая поставляется в форме фосфатных связей АТФ.

Катаболизм и анаболизм слагаются из двух одновременно происходящих и взаимосвязанных процессов. Один из них – это та последовательность ферментативных реакций, в результате которых происходит разрушение или синтез молекул – это промежуточный (или межучастный) метаболизм, т.е. обмен веществ в организме. Другой процесс – это превращение энергии, сопутствующее каждой из ферментативных реакций промежуточного метаболизма. На некоторых этапах метаболизма химическая энергия запасается, а на определенных этапах анаболизма – расходуется.

Всосавшиеся из пищеварительной системы питательные вещества включаются в промежуточный обмен и используются в качестве структурного материала для синтеза белков, жиров и углеводов собственных тканей и продукции, а также являются источниками энергии.

9.2. Сущность определения баланса азота и углерода в организме животного

Азот и углерод – это основные элементы потребленного животными корма, входящие в состав органического вещества любой продукции.

В обменных реакциях организма может участвовать только азот органических соединений, всосавшихся через стенку пищеварительного тракта. Элементарный азот воздуха не принимают во внимание при составлении азотных балансов питания.

Азотсодержащие вещества корма после процесса переваривания в желудочно-кишечном тракте в основной своей массе всасываются в кровь, неперевариваемая часть выделяется с калом. Всосавшиеся азотистые соединения в организме животного используются на регенерацию тканей и синтез продукции и частично, в виде конечных продуктов обмена веществ, выводятся с мочой.

Таким образом, для составления баланса азота в организме животного необходимо знать его количество в корме, кале и моче:

$$N_{\text{отложения}} = N_{\text{корма}} - N_{\text{кала}} - N_{\text{мочи}}$$

У лактирующих животных из азота корма вычитают еще и азот молока ($N_{\text{молока}}$).

Чтобы установить баланс азота в организме животного, проводят опыт по переваримости корма и дополнительно учитывают выделение мочи и молока у лактирующих самок. При этом в зависимости от физиологического состояния животного и уровня кормления суточный баланс азота в теле животного может быть положительным, при этом протеин откладывается в организме, отрицательным – поступление азота с пищей меньше его потерь из тела и, следовательно, содержание протеина в теле уменьшается, и нулевым – приток азота с пищей равен его потерям.

По балансу азота вычисляют прирост или снижение белка в теле животного, так как он входит в основном в состав белка тканей.

При толковании результатов баланса азота надо иметь в виду, что отрицательным он может быть не только при абсолютном недостатке протеина в пище, но и при неудовлетворительном качестве кормового протеина, при дефиците в рационе органического вещества, при переходах с высоких уровней кормления на пониженные, даже если последние близки к обычному оптимуму. Отрицательным может быть баланс и при недостатке таких питательных веществ, как незаменимых аминокислот или минеральных веществ и витаминов, необходимых для нормального использования протеина.

Нулевые балансы у взрослых животных наблюдаются при недостаточных и достаточных или даже обильных уровнях общего и протеинового питания. Это связано с крайне ограниченной способностью взрослых животных создавать запасы протеина в теле.

Положительным баланс азота должен быть у растущих, беременных и восстанавливающих истощенные запасы тела животных.

Углерод в форме органических соединений поступает в организм с пищей и с питьем в форме минеральных соединений, с вдыхаемым воздухом (главным образом в виде углекислого газа), а уходит с неперевавленными остатками в кале, с мочой, и с кишечными газами – метаном. Остальной углерод в качестве составного элемента различных питательных веществ попадает в тело.

Углеродсодержащие вещества (аминокислоты, глюкоза, жиры) корма в процессе переваривания всасываются в кровь, оставшаяся часть выводится из организма с каловыми массами. Кроме того, в период переваривания кормов в желудочно-кишечном тракте образуется метан и углекислота, выделяющаяся из организма. Углерод всосавшихся веществ в процессе межклеточного обмена распределяется в организме в отложенных белках, жире и в продуктах окисления веществ. Образовавшаяся при окислении веществ углекислота выделяется из организма с выдыхаемым воздухом. Поэтому, чтобы составить полный баланс углерода в организме животного, необходимо знать его количество не только в корме, кале и моче, но и в кишечных газах и выдыхаемом воздухе:

$$C_{\text{отложенный}} = C_{\text{корма}} - C_{\text{углекислый газ выдыхаемого воздуха}} - C_{\text{кала}} - C_{\text{мочи}} - C_{\text{кишечных газов}}$$

У лактирующих животных из углерода корма вычитают дополнительно углерод молока ($C_{\text{молока}}$).

Для определения баланса углерода в организме проводят, как и в случае составления баланса азота, опыт на животных. Учитывают выделение кала, мочи, а также молока у лактирующих животных. Учет выделения углерода с выдыхаемым воздухом проводят отдельно в специальных опытах по изучению газообмена в респирационных камерах.

При изучении газообмена у животных применяют респираторные камеры закрытого и открытого типа. При этом основным условием является поддержание нормального состава воздуха в камере. В камерах закрытого типа воздух циркулирует через систему, поглощающую углекислый газ и воду. Кислород постоянно поступает в камеру из баллона.

Респираторный аппарат открытого типа (рис. 9.1) представляет собой герметизированную и термостатированную камеру, оборудованную аппаратурой для кормления, поения, доения животного, сбора мочи и кала. Камера имеет системы подачи и выведения воздуха с учетом его количества. На основании данных о химическом составе поступающего в камеру и выходящего из нее воздуха определяют содержание углерода в газообразных выделениях животного.

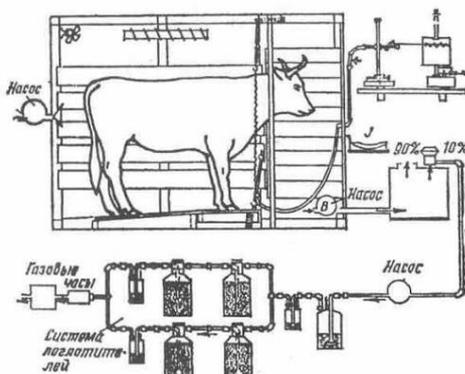


Рис. 9.1 – Схема респираторного аппарата

По результатам опытов можно определить баланс азота, углерода и энергии, а также рассчитать энергию отложений и энергию теплопродукции (табл. 9.1)

В мышечном белке тела на азот приходится 16,67 %, то есть в данном примере из 10,9 г азота, удержанного в организме коровы, может образоваться $10,9 : 16,67 \times 100 = 65,4$ г белка.

Таблица 9.1 – Среднесуточный баланс азота, углерода и энергии у лактирующей коровы (В.К. Менькин, 2003)

Показатели	Азот, г	Углерод, г	Энергия, МДж
Принято в корме	266,5	4 413,9	219,6
Выделено из организма			
в кале	79,4	1 433	69,4
в метане кишечных газов	-	182,4	15,4
в углекислом газе	-	1 661	-
в моче	121,2	194,9	7,9
в молоке	55	725	41,5
в теплопродукции	-	-	74,3
Отложилось в теле	10,9	217,6	11,1

Углерод, удержанный в теле животного, используется для образования белка и жира. В белке содержится 52,5 % углерода. Таким образом, для образования 65,4 г белка потребуется 34,4 г углерода. Оставшийся углерод

(217,6 – 34,4 = 183,2 г) будет использован для синтеза жира. В составе жира на него приходится 76,5 %, то есть из 183,2 г углерода может образоваться $183,2 : 76,5 \times 100 = 239,5$ г жира.

На основании данных о количестве образовавшегося белка и жира в организме животного можно определить энергию отложений: за счет белка 1563 кДж (65,4×23,9), за счет жира 9532 кДж (239,5 × 39,8).

Общая энергия отложений составит 11095 кДж или 11,09 МДж, что совпадает с результатами по балансу энергии (11,1 МДж).

9.3. Понятие об энергетической питательности кормов

Энергетическая питательность кормов понимается как способность углеводов, жиров и, частично, белков метаболизироваться до макроэргических соединений (биологические молекулы, которые способны накапливать и передавать энергию в ходе реакции) и откладываться в виде продукции (молоко, ткани тела, шерсть и т.д.).

В соответствии с Международной системой единиц и стандартизацией в качестве единицы энергии в кормах принят джоуль вместо калории. Перевод калории в джоуль стандартизирован: 1 кал = 4,184 Дж. И калория, и джоуль настолько малы в энергетическом отношении, что в науке и практике кормления животных применяют многократно увеличенные величины: килоджоуль (кДж), мегаджоуль (МДж), килокалория (ккал), мегакалория (Мкал).

Валовая, или общая, энергия рациона проходит в организме через стадии превращения – переваримую энергию, обменную энергию, энергию отложения или образования полезной продукции животного – энергию прироста, молока, шерсти и т.п. Кроме того, валовая энергия теряется в виде энергии кала, энергии мочи, энергии пищеварительных газов, выделений кожи и теплопродукции. Таким образом, валовая энергия в организме состоит из следующих составляющих:

$$ВЭ = ЭК + ЭПГ + ЭМ + ЭКВ + ЭТП + ЭП,$$

где ВЭ – валовая, или общая, энергия рациона; ЭК – энергия кала; ЭПГ – энергия пищеварительных газов; ЭМ – энергия мочи; ЭКВ – энергия выделений кожи; ЭТП – энергия теплопродукции; ЭП – энергия отложения или образования полезной продукции животного.

Биологическое распределение энергии корма в процессе ее обмена представлено на рисунке 9.2.

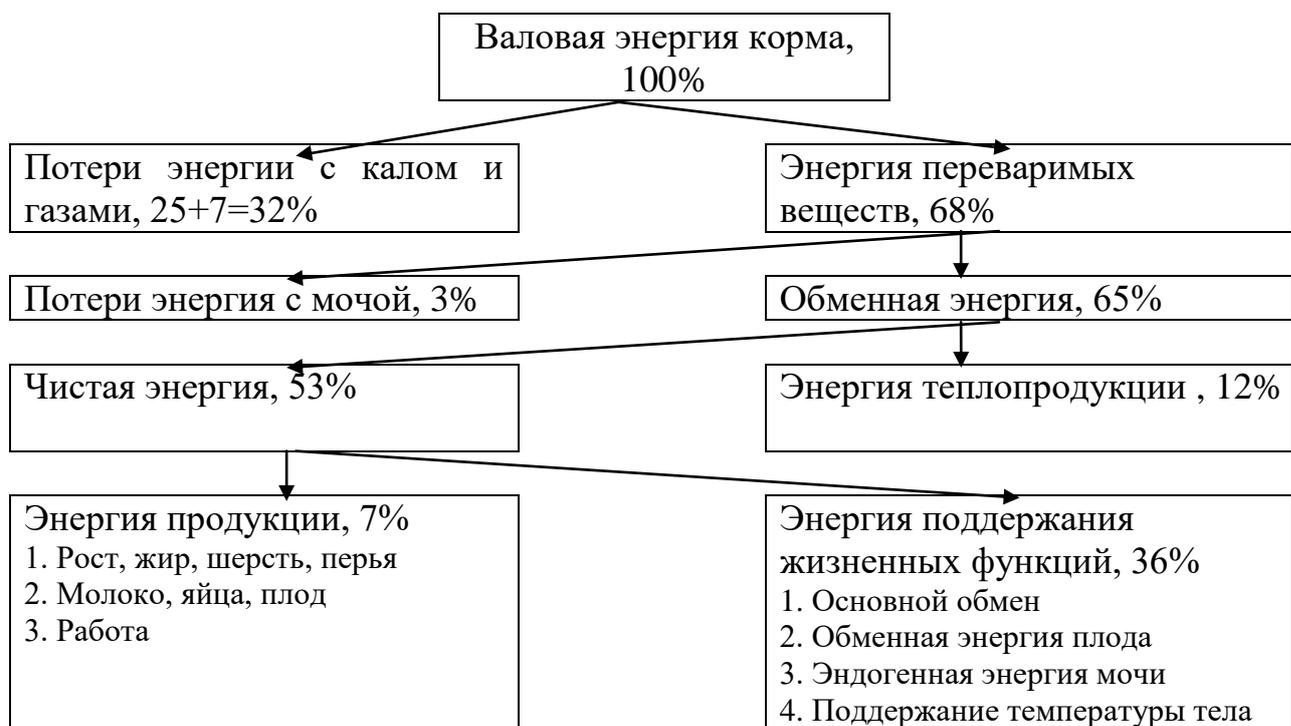


Рис. 9.2 – Схема распределения энергии корма на примере быка живой массой 500 кг при среднесуточном приросте 900 г

Валовая энергия – энергия всех питательных веществ корма или рациона, которая определяется по теплоте сгорания.

Энергия переваримых веществ – разница между валовой энергией потребленного корма и энергией кала.

Обменная, или физиологически полезная, энергия равна разности между валовой энергией корма и энергией, выделенной с калом, мочой и кишечными газами.

Энергия теплопродукции представляет разность между обменной энергией и энергией продукции и включает затраты энергии на поддержание жизненных функций организма: работу внутренних органов, поддержание температуры тела и т. д. Такая энергия в конце концов принимает форму тепла и может быть учтена по теплообразованию (теплопродукции).

Чистая энергия, или энергия продукции (отложенная в молоке, мясе, яйцах), равна обменной энергии за вычетом теплопродукции.

Из приведенной схемы видно, что ни валовая, ни переваримая энергия не характеризуют собой фактического использования ее организмом. Поэтому за критерий оценки энергетической питательности корма принята обменная энергия, как доступная для усвоения. Чистая энергия – важная часть обменной энергии, которая характеризует затраты животного на синтез продукции и поддержание жизнедеятельности организма за вычетом энергии теплоприращения.

Обменная энергия занимает центральное место в общей схеме превращения энергии, так как характеризует ту ее часть, которая используется животным организмом для обеспечения жизнедеятельности и

образования продукции. Она учитывает затраты организма как единого целого, так как процессы поддержания жизнедеятельности и образования продукции взаимосвязаны между собой и их нельзя рассматривать в отрыве друг от друга.

Обменная энергия характеризуется соотношением:

$$ОЭ = ВЭ - (ЭК + ЭМ + ЭПГ),$$

где ОЭ – обменная энергия; ВЭ – валовая или общая энергия рациона; ЭК – энергия кала; ЭМ – энергия мочи; ЭПГ – энергия пищеварительных газов.

Обменная энергия физиологически может проявляться в двух формах – энергией общей теплопродукции и энергией синтезированных в организме веществ.

9.4. Особенности обмена энергии у жвачных и моногастричных животных

Для изучения материальных изменений в организме животного используют определение баланса энергии. Для этих целей необходимы сведения о количестве энергии в кормах и выделенной животными из организма: у птицы – с пометом, а у свиней, крупного рогатого скота, лошадей и овец – с калом и мочой. Для жвачных животных и лошадей дополнительно учитывают потери энергии с газами желудочно-кишечного тракта, определенными в респирационных опытах.

Важным элементом обмена энергии у жвачных является потеря части энергии, в виде тепла и метана, при переваривании корма в желудочно-кишечном тракте. Эти потери энергии у жвачных значительно больше, чем у моногастричных – 7 % против 3.

В то же время, молочная корова более эффективно использует обменную энергию, чем другие продуктивные животные. Доля потребности в энергии на поддержание жизни от общей потребности в обменной энергии у коровы с удоем 15 кг/сут составляет 40 %, а у свиньи на откорме с приростом 600 г/сут – 59.

Эффективность использования энергии и питательных веществ рационов жвачными животными и свиней в значительной степени зависит от возраста, живой массы, физиологического состояния и типа кормления.

Установлено, что при полноценном кормлении у свиней в среднем только 25 % валовой энергии корма используется на образование продукции, 75 % ее расходуется непродуктивно. Эти затраты организма свиней включают расход энергии на осуществление жизненных функций (теплопродукция), а также потери энергии в кале – 20 %, в моче – 5 %, в то время как у лактирующих коров потери энергии в кале составляют 32 % и в моче – 10–12 %.

Самый высокий коэффициент использования энергии – около 50 % наблюдается у поросят-сосунов. С возрастом он снижается и в 6,5-месячном возрасте составляет 24 %. Валовую энергию корма на продуктивные цели, в том числе на поддержание жизни, супоросные свиноматки используют на 28 %, лактирующие – на 34, хряки-производители – на 35 %, подсвинки на откорме при среднесуточном приросте 380 г – на 16 %, при приросте 650 г – на 28,5, при 800 г – на 34 и при 1200 г – на 45 %.

Это указывает на высокие потенциальные возможности использования энергии рационов свиньями.

Основными резервами снижения непродуктивных затрат организма свиней является снижение потерь с теплопродукцией, калом и мочой за счет повышения переваримости и использования питательных веществ.

Для газоэнергетического обмена свиней характерны те же основные закономерности, что и для других животных. С увеличением массы тела растущего животного происходит увеличение общей теплопродукции, но расход энергии на единицу массы тела уменьшается. Суточная ритмика обмена характеризуется минимумом затрат энергии ранним утром и повышением после каждого очередного кормления. Существенно повышается интенсивность обмена при переходе из положения «лежит» в положение «стоит».

Все эти особенности в обмене питательных веществ необходимо учитывать при организации рационального нормированного кормления свиней. Структура рационов для различных производственных групп свиней должна полностью соответствовать физиологическим возможностям животных данного возраста и физиологического состояния.

9.5. История развития учения о способах оценки общей питательности кормов

На всех этапах развития учения о кормлении животных предпринимались попытки вооружить теорию и практику методами оценки питательности кормов. Основой для разработки методов оценки явились фундаментальные законы физики и химии, открытия в области физиологии и биохимии животных и достижения в развитии общей биологии. По мере накопления знаний, как о свойствах самих кормов, так и о преобразовании питательных веществ в продукцию животного способы выражения питательности кормов совершенствовались.

Впервые систему оценки питательности кормов предложил Альбрехт Тэер (1752–1828), по ней он сравнивал питательность кормов по их продуктивной ценности с сеном среднего качества. В опубликованных в 1810 году таблицах взаимной замены кормов он указывал, какое количество весовых единиц различных кормов способно обеспечить ту или иную продукцию животных, что и луговое сено: 1 кг картофеля – 0,5 кг сена; 1 кг овса – 2,0 кг сена; 10 кг свеклы – 2,0 кг сена; 5 кг клевера – 1,0 кг сена.

Таким образом, А. Тэер был первым выразителем идеи о суммарной питательности корма через введение понятия сенного эквивалента – общей для всех кормов единицы сравнительного измерения их питательной ценности. Данная система **сенных эквивалентов** широко применялась в животноводстве западноевропейских стран до 50-х годов XIX века. Однако истинное питательное достоинство сена в то время было неизвестно, поэтому этот способ оценки питательности кормов был эмпирическим и не имел под собой физиологического обоснования.

Благодаря развитию органической химии в середине 19 в. и появлению работ немецкого химика Иоганна Юстуса фон Либиха (1803–1873), началось изучение химического состава растений и в частности содержание в них жиров и углеводов. Особенно широко исследования по составу кормов проводил Эмиль Вольф (1818–1896). Результаты своих исследований Вольф свел в таблицы, опубликованные в 1861 г.

Начиная с 1860 г. немецкие ученые Вильгельм Иоганн Геннеберг (1825–1890) и Фридрих Карл Адольф Штоман (1832–1897) установили, что решающее значение имеет не валовое содержание в нем питательных веществ, а лишь та часть корма, которая всасывается в организме животного. Была разработана методика определения переваримости питательных веществ животными.

В результате последующих исследований по определению переваримости питательных веществ у молочных коров Э. Вольф в 1874 г. опубликовал таблицы по содержанию переваримых питательных веществ и нормы кормления, получившие большую известность.

В 1899 г. таблицы Э. Вольфа были опубликованы впервые в России в учебнике М.И. Придорогина «Скотоводство и скотоврачевание».

Оценка кормов по сумме переваримых веществ применялась во многих странах мира до начала XX века.

Однако применение данного метода оценки питательности кормов в практике животноводства не давало возможности определить роль отдельных питательных веществ в обменных процессах при формировании продукции животного. Поэтому возникла необходимость более объективной оценки питательности различных кормов.

Основополагающими разработками, которые легли в основу научной оценки питательности кормов, были исследования немецкого физиолога и гигиениста Макса Рубнера (1854–1932) о применимости законов физики, например, закона сохранения энергии, к обменным процессам в животном организме. Им было установлено, что все жизненные проявления организма могут быть измерены в единицах энергии, следовательно, можно проследить количественное распределение всей поступающей в организм энергии с кормом.

Важный шаг в оценке питательности кормов и нормирования питания животных был сделан исследованиями Генри Армсби (1853–1921), который разработал схему энергетического баланса животного организма и ввел

понятия о валовой, переваримой, физиологически полезной и чистой энергии и предложил оценивать общую питательность кормов в единицах чистой энергии (термах), отложенных в организме в виде белка и жира.

Термы Армсби. Система оценки энергетической питательности кормов, предложенная Армсби, основана на изучении баланса энергии у откармливаемых волов и выражается в единицах чистой энергии (нетто энергии), отложенной в продукции. В качестве единицы чистой энергии он использовал 1 терм, приравняемый к 1000 ккал, или 4,187 МДж. Для определения чистой энергии необходимо знать валовую энергию потребляемого корма, энергию кала и мочи, энергию кишечных газов и энергию теплопродукции организма.

Чистую энергию определяют вычитанием из валовой энергии корма энергии кала, мочи, кишечных газов и энергии теплопродукции. За основу расчета чистой энергии Армсби брал так называемую физиологически полезную энергию (валовая энергия минус энергия кала, мочи и кишечных газов) и энергию теплопродукции. Для оценки энергетической питательности кормов в чистой энергии Армсби принял физиологически полезную энергию 1 кг переваримых веществ грубых кормов равной 3500 ккал и концентрированных равной 3900–4400 ккал (в зависимости от содержания жира), а энергию теплопродукции в среднем – 1000 ккал.

Наиболее глубокие исследования по оценке питательности кормов были проведены Оскаром Кельнером (1851–1911). Им впервые была сделана попытка, дать научное обоснование роли отдельных элементов питания в обменных процессах и продуктивного воздействия на организм.

В отличие от Г. Армсби, О. Кельнер предложил выражать питательную ценность кормов в виде отложенного в организме жира на единицу потребленного корма. В качестве эквивалента питательной ценности кормов было рекомендовано использовать 1 кг переваримого крахмала, обеспечивающего отложение в теле взрослого вола 248 г жира (крахмальный эквивалент).

Крахмальные эквиваленты О. Кельнера. Разработанная Оскаром Кельнером система оценки энергетической питательности кормов получила наибольшее распространение в практике животноводства многих стран в начале XX века. В основе этой системы заложен способ оценки питательной ценности кормов по их продуктивному действию (жироотложению) на организм животного. Для этого Кельнер в серии балансовых опытов в респираторных калориметрах определил отложение жира и белка при скармливании взрослому волу различных питательных веществ в чистом виде на фоне поддерживающего кормления. В качестве чистых питательных веществ применяли крахмал, тростниковый сахар, целлюлозу (представителей углеводов), клейковину (представителя белков) и эмульсию масла земляного ореха (представителя жиров). В результате из 1000 г переваримых веществ в организме вола отложилось следующее количество

жира –таблица 9.2 (отложенный белок переведен в жир по калорийности: 1 г жира имеет 9,5 ккал, 1 г белка – 5,7 ккал).

Таблица 9.2 – Показатели продуктивного действия 100 г чистых питательных веществ

Поступило в организм чистых питательных веществ	Отложено в организме жира, г
1000 г переваримого белка	235
1000 г переваримого крахмала	248
1000 г переваримой клетчатки	248
1000 г переваримого жира из грубых кормов	474
1000 г переваримого жира из семян масличных	598
1000 г переваримого жира из зерновых	526

Полученные по жиरोотложению цифры Кельнер назвал **константами жиरोотложения** чистых питательных веществ и использовал их для определения продуктивного действия различных кормов по содержанию в них переваримых питательных веществ. Однако проверка различных натуральных кормов в другой серии опытов на волах показала, что переваримые питательные вещества этих кормов не обладают таким же продуктивным действием, как переваримые питательные вещества в чистом виде.

Фактическое жиरोотложение в теле животного при скармливании натуральных кормов в большинстве случаев отличалось от расчетного с использованием констант жиरोотложения чистых питательных веществ. Только для зерен кукурузы и картофеля расчетные данные совпали с фактическим жиरोотложением. По другим кормам фактическое жиरोотложение было ниже, и особенно значительные расхождения отмечены при скармливании животным грубых кормов.

Снижение жиरोотложения в теле животного при скармливании натуральных кормов Кельнер объяснял большими потерями энергии в процессе пищеварения в желудочно-кишечном тракте, особенно грубых кормов с высоким содержанием клетчатки. Поэтому для грубых кормов и травы он ввел поправку на переваривание клетчатки: 1000 г съеденной животными сырой клетчатки сена и соломы снижает отложение жира в теле на 143 г, мякины – на 72 г, зеленого корма с 14 % клетчатки – на 131 г, с 10 % клетчатки – на 107 г и с 6 % клетчатки – на 82 г.

Для других кормов Кельнер установил показатели (коэффициенты) относительной ценности, характеризующие разницу между жиरोотложением ожидаемым и фактическим, выраженные в процентах: зерно кукурузы – 100, картофель – 100, зерно ячменя – 99, льняной жмых – 95, отруби пшеничные – 78, кормовая свекла – 81 и т. д.

В соответствии с разработанной Кельнером системой оценки энергетической питательности кормов им были составлены для

практического применения кормовые таблицы, в которых он выражал продуктивное действие кормов не количеством отложенного жира, а количеством крахмала, эквивалентного по отложению жира 100 кг оцениваемого корма (крахмальные эквиваленты). В качестве примера это можно проследить при оценке продуктивного действия 100 кг лугового сена (табл. 9.3).

Таблица 9.3 – Определение жиросотложения из 100 кг лугового сена

Показатель	Количество			
	протеина	жира	клетчатки	БЭВ
Содержание в корме, кг	9,3	2,6	25,6	39,7
Коэффициенты переваримости, %	53	46	50	60
Содержание переваримых веществ, кг	4,9	1,2	12,8	23,8
Константы жиросотложения, кг	0,235	0,474	0,248	0,248
Образование жира, кг	1,15	0,57	3,17	5,90
Ожидаемое жиросотложение, кг	$1,15 + 0,57 + 3,17 + 5,90 = 10,79$			
Скидка на переваривание клетчатки, кг жира	$25,6 \times 0,143 = 3,66$			
Фактическое жиросотложение, кг	$10,79 - 3,66 = 7,13$			
Крахмальных эквивалентов, кг	$\frac{7,13}{0,248} = 28,8$			

Фактическое жиросотложение в теле животного при потреблении 100 кг лугового сена составило 7,13 кг. Из 1 кг переваримого крахмала в организме крупного рогатого скота откладывается 0,248 кг жира, поэтому 28,8 кг крахмальных эквивалентов будут характеризовать энергетическую питательность 100 кг лугового сена.

Оценка питательности кормов, рассчитанная Кельнером и Армсби по продуктивному действию переваримых питательных веществ, явилась первым научно обоснованным методом нормированного кормления животных во многих странах мира. На основе этого метода в разных странах были разработаны свои эквиваленты – кормовые единицы.

Скандинавская кормовая единица. В 1915 г. в Копенгагене была принята общескандинавская кормовая единица, эквивалентная 1 кг ячменя или 1,1 кг сухого вещества корнеплодов, или такое количество всякого корма, которое равно по питательности 1 кг ячменя (0,7 крахмального эквивалента).

В качестве примера, на 1 скандинавскую кормовую единицу для молочных коров приходится ячменя, ржи и пшеницы по 1 кг, овса – 1,2 кг, силоса кукурузного – 9 кг, сена лугового – 2,5 кг, клевера зеленого – 6,8 кг, свеклы кормовой – 10 кг и т. д. Данный способ оценки энергетической питательности кормов является доступным для практики, хотя отражает

сравнительную питательность кормов применительно к определенным условиям кормления и содержания животных.

Овсяная кормовая единица. В Советском Союзе под руководством профессора Елия Анатольевича Богданова (1872-1931) была разработана и принята (1933) овсяная кормовая единица. В качестве кормовой единицы была принята питательность 1 кг овса среднего качества. Оценка энергетической питательности 1 кг овса основана на жиरोотложении у взрослого откармливаемого вола с использованием константов О. Кельнера. Таким образом, за овсяную кормовую единицу принято такое количество переваримых питательных веществ, при усвоении которых в организме животных образуется 150 г жира, что соответствует 5,92 МДж чистой энергии. Одна овсяная кормовая единица соответствует 0,6 крахмального эквивалента Кельнера и характеризует энергетическую питательность различных кормов.

Энергетическую питательность корма в овсяных кормовых единицах рассчитывают на основании данных о фактической переваримости питательных веществ корма, показателей продуктивного действия переваримых питательных веществ и величины снижения продуктивного действия корма в зависимости от содержания в нем сырой клетчатки.

Недостатки овсяных кормовых единиц те же, что и у крахмальных эквивалентов. Эта единица базируется на продуктивном действии переваримых питательных веществ, но разные виды животных, во-первых, неодинаково переваривают корма, во-вторых, по-разному используют переваримые вещества.

Жвачные, как уже отмечалось, лучше переваривают корма с большим содержанием клетчатки, т.е. грубые. Зато свиньи лучше переваривают корма богатые крахмалом, сахарами – концентраты, картофель, сахарная свекла. У жвачных с мочой и кишечными газами теряется около 18 % переваримых веществ, а у свиней – около 6 %. Эти различия овсяная кормовая единица не учитывает и питательность одного и того же корма в этих единицах одинакова для всех видов животных, что не соответствует действительности.

Таким образом, во всех странах мира к 50-м годам XX века стали применять в основном пять способов оценки энергетической питательности кормов: термы Армсби, крахмальные эквиваленты, сумму переваримых питательных веществ, скандинавскую (ячменную) и советскую (овсяную) кормовые единицы.

Длительное использование этих способов в практике высокоразвитого животноводства показало, что они имеют ряд недостатков и, прежде всего, не учитывают взаимодействие и соотношение в кормах и многокомпонентных рационах энергетической части со специфическими факторами питания – переваримым протеином, отдельными аминокислотами, витаминами и минеральными веществами. В связи с этим продуктивное действие корма не является величиной постоянной, так как степень усвоения организмом животного потенциальной энергии корма зависит от целого ряда других

показателей питательности. Поэтому в большинстве стран с развитым животноводством стала разрабатываться новая система оценки питательности кормов и рационов на основе прямого или косвенного учета обменной энергии и ее использования для поддержания жизни и образования продукции.

Оценка питательности кормов по обменной энергии. Обменная энергия корма или рациона представляет собой часть общей (валовой) энергии и используется организмом животного для поддержания жизни и образования продукции. Энергетическую питательность кормов и рационов выражают в единицах обменной энергии мегаджоулях по видам животных.

Для определения количества энергии в кормах и выделениях их навески сжигают в атмосфере чистого кислорода в специальных приборах – калориметрах. Выделившуюся при сгорании тепловую энергию пересчитывают на 1 г или 1 кг вещества и выражают в мегаджоулях или в килокалориях.

Обменная энергия представляет собой энергию корма или рациона, которую животное использует для обеспечения своей жизнедеятельности и образования продукции. По этой причине оценка по обменной энергии более объективно характеризует энергетическую питательность корма для животного, чем оценка в овсяных кормовых единицах по чистой энергии, поскольку чистая энергия – это только часть энергии корма, затраченной на производство продукции. Животные же расходуют доступную энергию не только на образование продукции, но и на поддержание жизни.

За 1 энергетическую кормовую единицу (ЭКЕ) принято считать содержание в корме 10000 кДж или 10 МДж обменной энергии.

Для разных видов животных предложены индексы, в которых к обозначению ЭКЕ присоединяется буква, например, ЭКЕ_{крс} – для крупного рогатого скота, ЭКЕ_о – для овец, ЭКЕ_с – для свиней, ЭКЕ_л – для лошадей, ЭКЕ_п – для птицы.

Содержание обменной энергии (ОЭ) в кормах и рационах определяют для каждого вида животных прямым методом в балансовых опытах по следующим формулам:

$$ОЭ_{крс} = ВЭ - (ЭК + ЭМ + ЭГ);$$

$$ОЭ_{свиней} = ВЭ - (ЭК + ЭМ);$$

$$ОЭ_{птицы} = ВЭ - ЭП$$

где ВЭ – валовая, или общая, энергия рациона; ЭК – энергия кала; ЭМ – энергия мочи; ЭГ – энергия газов; ЭП – энергия помета.

Потери энергии с газами для жвачных животных и лошадей устанавливают в респирационных опытах или используют поправки на метан процент от валовой энергии. Например, для концентратов и корнеклубнеплодов он равен 5 %, для зеленых кормов и силоса – 10, для грубых кормов – 15 %.

Обменную энергию можно также определить и расчетным методом по уравнениям регрессии:

для крупного рогатого скота:

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

для овец:

$$OЭ_o = 17,71 \text{ пП} + 37,89 \text{ пЖ} + 13,44 \text{ пК} + 14,78 \text{ пБЭВ},$$

для лошадей:

$$OЭ_л = 19,46 \text{ пП} + 35,43 \text{ пЖ} + 15,95 \text{ пК} + 15,95 \text{ пБЭВ},$$

для свиней:

$$OЭ_c = 20,85 \text{ пП} + 36,63 \text{ пЖ} + 14,27 \text{ пК} + 16,95 \text{ пБЭВ},$$

для птицы:

$$OЭ_п = 17,84 \text{ пП} + 39,78 \text{ пЖ} + 17,71 \text{ пК} + 17,71 \text{ пБЭВ},$$

где OЭ – обменная энергия, МДж; пП, пЖ, пК, пБЭВ – переваримый протеин, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества, кг.

Разделив количество МДж обменной энергии на 10, получим питательность корма в ЭКЕ.

Питательность кормов в обменной энергии можно определить также по сумме переваримых питательных веществ по формуле:

$$OЭ = \frac{\text{СППВ} \times 18,43 \times \text{КО}}{1000},$$

где OЭ – обменная энергия, МДж; СППВ – сумма переваримых питательных веществ, г/кг; 18,43 – энергетическая ценность 1 г СППВ, кДж; КО – коэффициент обменности (соотношение между переваримой энергией и обменной).

Коэффициент обменности, т.е. соотношение между обменной и переваримой энергией для крупного рогатого скота составляет 0,82, свиней – 0,94, овец – 0,87, лошадей – 0,92.

Для определения обменной энергии в отдельных кормах пользуются следующими уравнениями:

Для крупного рогатого скота:

1. Зеленые корма (травы естественных и сеяных лугов и пастбищ и др.):

$$OЭ = 0,0166 \times \text{СП} + 0,0172 \times \text{СЖ} + 0,00286 \times \text{СК} + 0,01159 \times \text{БЭВ}$$

2. Грубые корма (сено, сенаж, солома, силос до 50 % влаги и другие грубые корма):

$$OЭ = 0,0212 \times \text{СП} + 0,020486 \times \text{СЖ} + 0,00159 \times \text{СК} + 0,0105 \times \text{БЭВ}$$

3. Сочные корма (корнеклубнеплоды, силос высокой влажности):

$$OЭ = 0,0151 \times \text{СП} + 0,01378 \times \text{СЖ} + 0,00328 \times \text{СК} + 0,01265 \times \text{БЭВ}$$

4. Концентрированные корма (зерно злаков и бобовых культур, дерть, мука):

$$ОЭ = 0,02085 \times СП + 0,01715 \times СЖ + 0,001865 \times СК + 0,01226 \times БЭВ$$

5. Технические отходы (жмыхи, шроты, дробина, барда, отруби и др.)

$$ОЭ = 0,02157 \times СП + 0,01667 \times СЖ + 0,003772 \times СК + 0,01074 \times БЭВ$$

6. Корма животного и микробного происхождения (молочные, мясные, рыбные продукты, дрожжи и др.)

$$ОЭ = 0,02461 \times СП + 0,02025 \times СЖ + 0,009769 \times СК + 0,00671 \times БЭВ$$

Для свиней:

1. Зерно злаков:

$$ОЭ = 0,01693 \times СП + 0,02802 \times СЖ + 0,02181 \times СК + 0,01694 \times БЭВ$$

2. Зерно бобовых:

$$ОЭ = 0,01677 \times СП + 0,03545 \times СЖ + 0,0273 \times СК + 0,01603 \times БЭВ$$

3. Шроты, жмыхи:

$$ОЭ = 0,01673 \times СП + 0,03352 \times СЖ + 0,01283 \times СК + 0,01955 \times БЭВ$$

4. Продукты мукомольной промышленности:

$$ОЭ = 0,01782 \times СП + 0,03179 \times СЖ + 0,02584 \times СК + 0,01685 \times БЭВ$$

5. Корма животного происхождения:

$$ОЭ = 0,01968 \times СП + 0,02842 \times СЖ + 0,01464 \times СК + 0,00084 \times БЭВ$$

6. Корнеклубнеплоды:

$$ОЭ = 0,01602 \times СП + 0,04534 \times СЖ + 0,00204 \times СК + 0,01612 \times БЭВ$$

7. Зеленые корма (трава бобовых, стадия бутонизации)

$$ОЭ = 0,02213 \times СП + 0,01948 \times СЖ + 0,00408 \times СК + 0,01364 \times БЭВ$$

8. Полнорационные комбикорма:

$$ОЭ = 0,01924 \times СП + 0,03597 \times СЖ + 0,01430 \times СК + 0,01494 \times БЭВ$$

где ОЭ – обменная энергия, МДж в 1 кг корма, СП, СЖ, СК, БЭВ – сырые протеин, клетчатка, жир, безазотистые экстрактивные вещества, г.

Предлагаемые уравнения дают возможность получить расчетное содержание энергии в корме. В практических условиях целесообразно пользоваться табличными данными, так как большинство из них получены на основании фактических показателей переваримости питательных веществ в балансовых опытах.

Оценка питательности кормов в системе NEL. Одной из современных систем энергетической и белковой оценки качества корма, а также потребностей дойных коров в энергии и протеине является система NEL (в переводе с немецкого Netto Energie Lactation – продуктивная энергия молокопродукции).

Данная система определяет ту часть валовой энергии корма, которую коровы используют на продукцию молока и которая может быть отложена в виде запаса жира как энергетический резерв.

Концентрация в кормах продуктивной энергии, необходимой для образования молока в NEL, и потребность в ней молочных коров измеряется в МДж. Количество NEL в корме зависит от содержания в нем обменной энергии, а также от степени ее использования.

В системе NEL предполагается, что 57-60 % обменной энергии используется для продукции молока. Зная количество обменной энергии (ОЭ), можно рассчитать количество продуктивной энергии молокопродукции, которая определяется по формуле:

$$NEL = 0,6 \times ОЭ$$

Данная формула используется, если количество обменной энергии составляет 57 % от валовой энергии, т. е. применяется коэффициент использования обменной энергии $q=57\%$. Если коэффициент использования обменной энергии q больше или меньше 57 %, то степень использования обменной энергии на продукцию молока увеличивается или уменьшается на 0,4. В этом случае для расчета продуктивной энергии молокопродукции NEL применяют другую формулу:

$$NEL = 0,6 \times [1 + 0,004 (q - 57)] \times ОЭ$$

Коэффициент использования обменной энергии q можно вычислить по формуле:

$$q = \frac{ОЭ}{ВЭ} \times 100,$$

где ОЭ – обменная энергия, МДж; ВЭ – валовая энергия, МДж.

Количество обменной и валовой энергии рассчитывают по формулам Л. Хоффмана (1971):

$$ВЭ = 0,0239 \times сП + 0,0398 \times сЖ + 0,0201 \times сК + 0,0175 \times сБЭВ,$$

где ВЭ – валовая энергия, МДж; сП, сЖ, сК, сБЭВ – сырые протеин, жир, клетчатка, безазотистые экстрактивные вещества, г/кг корма.

$$OЭ = 0,0312 \times пЖ + 0,0136 \times пК + 0,0147 \times (пОВ - пЖ - пК) + 0,0234 \times сП,$$

где OЭ – обменная энергия, МДж; пЖ – переваримый жир, г/кг корма; пК – переваримая клетчатка, г/кг корма; пОВ – переваримое органическое вещество, г/кг корма; сП – сырой протеин, г/кг корма.

Коэффициенты расчета валовой и обменной энергии используются для всех кормов и выражаются в МДж NEL.

9.6. Оценка энергетической питательности кормов в США и Германии

9.6.1. Оценка питательности кормов по чистой энергии в США

Данная система разработана американскими учеными Лофгрином и Гарреттом (1968) для растущего и откармливаемого крупного рогатого скота и Реттреем (1973) для растущих овец. В основу системы положено деление чистой энергии кормов на чистую энергию для поддержания жизни и чистую энергию для образования продукции.

Экспериментальным путем авторами установлена потребность животных в чистой энергии на поддержание жизни (теплопродукция животного в голодном состоянии). Для растущего крупного рогатого скота она составляет 77 ккал (322 кДж), а для растущих овец – 63 ккал (264 кДж) на 1 кг обменной массы тела. Общая потребность в чистой энергии на поддержание жизни рассчитывается умножением данных величин на обменную массу тела (живая масса тела в степени 0,75).

Потребность животных в чистой энергии на образование продукции зависит от их живой массы и величины среднесуточного прироста. Для определения данной потребности животных используют следующие уравнения:

для бычков:

$$НЭп = (220,74 x + 28,64 x^2) \times W^{0,75}$$

для телочек:

$$НЭп \text{ (кДж/сут.)} = (234,6 x + 52,96 x^2) \times W^{0,75},$$

где НЭп – потребность животного в чистой энергии на продукцию, кДж /сут.; x – среднесуточный прирост живой массы, кг; $W^{0,75}$ – живая масса в степени 0,75, кг.

Предложенные уравнения определения потребности животных в чистой энергии на образование продукции основаны на определении энергии в приросте массы тела с использованием метода сравнительного убоя в начале и конце опыта.

9.6.2. Оценка питательности кормов по чистой энергии в Германии

Эта система оценки энергетической питательности кормов, разработанная учеными Института питания сельскохозяйственных животных имени О. Кельнера в 1971 г., основана на отложении чистой энергии в продукции крупного рогатого скота, свиней и птицы.

Энергетическая кормовая единица дифференцирована для крупного рогатого скота, свиней и птицы:

$$1 \text{ ЭКЕ}_{\text{крс}} = 2\,500 \text{ ккал или } 10,5 \text{ МДж чистой энергии};$$

$$1 \text{ ЭКЕ}_{\text{с}} = 3\,500 \text{ ккал или } (14,6 \text{ МДж}) \text{ чистой энергии};$$

$$1 \text{ ЭКЕ}_{\text{п}} = 3\,500 \text{ ккал или } (14,6 \text{ МДж}) \text{ чистой энергии}.$$

Потребности овец, коз и лошадей рассчитываются в $\text{ЭКЕ}_{\text{крс}}$, а кроликов – в $\text{ЭКЕ}_{\text{с}}$.

На основании экспериментальных данных ЭКЕ кормов рассчитывают по следующим уравнениям:

$$\text{ЭКЕ}_{\text{крс}} = 0,684 x_1 + 3,008 x_2 + 0,804 x_3 + 0,804 x_4;$$

$$\text{ЭКЕ}_{\text{с}} = 0,731 x_1 + 2,440 x_2 + 0,846 x_3 + 0,804 x_4;$$

$$\text{ЭКЕ}_{\text{п}} = 0,737 x_1 + 2,283 x_2 + 0,911 x_3 + 0,911 x_4,$$

где x_1, x_2, x_3, x_4 – переваримый протеин, жир, клетчатка, БЭВ, г/кг.

При расчете энергетической кормовой единицы для крупного рогатого скота в рационы вносятся соответствующие поправки на переваримость энергии (табл. 9.4).

Таблица 9.4 – Поправочные коэффициенты на переваримость энергии в рационах для крупного рогатого скота

Переваримость энергии рациона, %	Поправочный коэффициент	Переваримость энергии рациона, %	Поправочный коэффициент
67,0 - 80,0	1,00	57,0 - 58,9	0,91
65,0 - 66,9	0,97	55,0 - 56,9	0,89
63,0 - 64,9	0,96	53,0 - 54,9	0,87
61,0 - 62,9	0,95	51,0 - 52,9	0,84
59,0-60,9	0,93	50,0 - 50,9	0,82

Данная система оценки энергетической питательности кормов предусматривает учитывать концентрацию энергии в 1 кг сухого вещества, переваримость энергии, переваримый сырой протеин, протеино-

энергетическое отношение, также учитывается содержание минеральных элементов, витаминов и других биологически активных веществ.

10. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ И РАЦИОНОВ

10.1. Понятие о комплексной и дифференцированной оценке питательности кормов

Под питательностью корма или рациона подразумевается его свойство удовлетворять потребности животных в питательных веществах и энергии для поддержания жизни, образования продукции и воспроизводства.

За весь период развития науки о кормлении сельскохозяйственных животных разработаны и предложены разные способы оценки питательности кормов и рационов по сумме переваримых питательных веществ, по крахмальному эквиваленту, термам, кормовым единицам, обменной энергии, которые преследовали цель выразить питательность в одном общем показателе – энергетической ценности.

Однако детальное изучение физиологической роли составляющих пищи, будь то аминокислоты, жирные кислоты, некоторые углеводы, минеральные вещества и витамины, в процессах обмена веществ в организме животного привело к общему выводу о необходимости всесторонней оценки питательности кормов и рационов.

Энергетическая оценка питательности кормов и рационов не отражает в полной мере их биологическую ценность в питании сельскохозяйственных животных.

Оценка, при которой учитывают не только энергетическую ценность, но и содержание в кормах протеина, незаменимых аминокислот, углеводов, в том числе сахаров, крахмала и клетчатки, жиров, макро- и микроэлементов, витаминов называется комплексной.

Комплексная оценка питательности кормов и рационов взаимосвязана с показателями детализированных норм кормления сельскохозяйственных животных.

С переводом животноводства на промышленную основу и ростом продуктивности животных повышаются требования к полноценности кормления. В связи с этим число показателей в оценке питательности кормов и рационов увеличивается. В качестве основного показателя энергетической питательности кормов и рационов для животных используют величину обменной энергии с учетом вида животного.

Обменная энергия занимает центральное положение в энергетическом обмене и используется животным организмом для обеспечения жизнедеятельности и образования продукции.

В условиях полноценного кормления повышение продуктивности животных сопровождается, как правило, снижением затрат энергии корма на

единицу продукции и, наоборот, чем ниже продуктивность животных, тем выше затраты энергии на единицу продукции.

Из всех питательных веществ того или иного корма решающее значение в обмене веществ, а также эффективности использования других элементов питания принадлежит протеину. Обобщенные результаты исследований свидетельствуют о том, что на каждый процент дефицита протеина в сбалансированном по всем другим питательным веществам рационе теряется 2-3 % продуктивности животных, на 1-3 % повышается расход кормов на единицу продукции и снижаются показатели воспроизводства.

Исследованиями установлено, что в сбалансированных по энергии рационах на долю протеина в повышении продуктивности животных приходится около 70 %, а на витамины и макро- и микроэлементы – 30 %.

Важным моментом в комплексной оценке питательности кормов и рационов является качество применяемых кормовых средств. С понижением класса качества питательная ценность основных видов кормов снижается в 1,5–2 раза.

Питательная ценность одного и того же корма различна для животных разных видов, что связано с особенностями пищеварения и обмена веществ в организме. Поэтому в табличных данных питательность кормов дается отдельно для крупного рогатого скота, овец, свиней и птицы.

Содержание доступной энергии является важным, но не единственным показателем питательности кормов и рационов. Оценка их питательности должна быть дифференцированной, то есть разделенной по отдельным элементам питания. Количество этих элементов постоянно возрастает по мере углубления знаний о физиологической роли питательных веществ в процессах обмена.

В недавнем прошлом потребность животных определялась по 6 элементам питания: кормовые единицы, переваримый протеин, кальций, фосфор, поваренная соль и каротин.

Как выяснилось, такая оценка является недостаточной, так как не учитывает необходимость балансирования всего комплекса питательных, минеральных, биологически активных веществ.

Новые, детализированные нормы кормления учитывают более широкий комплекс незаменимых факторов питания. В рационах всех видов животных нормированию подлежат энергетические кормовые единицы, обменная энергия, сухое вещество, сырой и переваримый протеин, сырая клетчатка, кальций, фосфор, хлор, железо, медь, кобальт, цинк, марганец, йод, каротин, витамины А, D и E. Кроме того, в рационах крупного рогатого скота дополнительно нормируют растворимый и нерастворимый протеин, легкопереваримые углеводы, сырой жир, магний, калий и серу.

В рационах свиней и птицы помимо перечисленных показателей нормируют аминокислоты – лизин, метионин, цистин и др.; витамины

группы В – В₁, В₂, В₃, В₄, В₅, В₆, В₁₂. При кормлении птицы дополнительно к этим витаминам нормируют витамины К, В_с, С, В₇.

Для получения высокой продуктивности, обеспечения здоровья и высоких воспроизводительных функций животных необходимо обеспечить всеми без исключения питательными веществами, в которых они нуждаются, независимо от того, в больших или малых дозах они нужны для организма.

В системе комплексной оценки питательности кормов и рационов важное значение имеют не только абсолютные, но и относительные показатели: протеиновое, энерго-протеиновое, кислотно-щелочное, сахаропротеиновое отношения, концентрация энергии в 1 кг сухого вещества. Чем выше продуктивность, тем больше должна быть энергетическая питательность сухого вещества рациона.

Имеет большое значение, чтобы все элементы питания поступали с кормами рациона одновременно. В этом заключается преимущество кормосмесей, которые обеспечивают эффект дополняющего действия, то есть недостаток питательного вещества в одном корме компенсируется за счет их избытка другого. Скармливание животным кормов рациона в составе кормосмесей по сравнению с их раздельной дачей обеспечивает повышение продуктивности на 10–12 %. В составе кормосмесей повышается эффективность использования протеиновых, минеральных, витаминных добавок.

Следовательно, бесперебойное обеспечение потребностей животных всем комплексом необходимых элементов питания является неременным условием для наиболее полной реализации их генетического потенциала, сохранения здоровья, способности к воспроизводству.

10.2. Взаимосвязь факторов питания и энергии рациона

Обменная энергия и сырой протеин – основные факторы, определяющие уровень продуктивности животных, однако, не стоит умалять роль других питательных и биологически активных веществ. Установлено, что количество получаемой продукции на 50 % зависит от энергетической ценности рациона, на 30 % – от содержания белка и на 20–25 % – от содержания других питательных веществ.

Сбалансированность рационов коров по энергии и протеину оценивают по содержанию в молоке мочевины и белка. При низком содержании белка в молоке (менее 3 %) и мочевины (менее 150 мг/л) отмечается недостаток энергии и сырого протеина, при высоком содержании белка (более 3,4 %) и мочевины (более 300 мг/л) – избыток энергии и сырого протеина.

При недостатке энергии протеин расходуется непроизводительно на энергетические цели, что провоцирует нарушение обмена веществ. Избыток энергии приводит к ожирению животного. Это определяет значимость энерго-протеинового отношения, которое вычисляют отношением переваримого протеина к обменной энергии.

$$\text{ЭПО} = \frac{\text{ПП}}{\text{ОЭ}},$$

где ЭПО – энерго-протеиновое отношение; ПП – переваримый протеин, г; ОЭ – обменная энергия, МДж.

Оптимальным показателем ЭПО для дойных коров являются значения от 8,08 до 10,5 в зависимости от продуктивности. Для сухостойных коров – от 9,1 до 9,9.

При одновременном избытке энергии и недостатке протеина наступает белковое голодание. Повседневный недокорм коров этими питательными веществами приводит к задержке сроков послеродовой инволюции половых органов и нарушению фолликулярной функции яичников. Пониженный уровень кормления во время стельности способствует снижению иммунного статуса, преждевременному отелу, рождению слабых телят.

Доступность энергии зависит от состава углеводов, в основном от пропорции легко- и труднопереваримых фракций. Оптимальное соотношение уровня потребляемого протеина с доступной энергией – первостепенное условие эффективного усвоения расщепляемого в рубце протеина корма. Дефицит энергии приводит к общему дефициту протеина в связи со снижением синтеза микробного белка, а увеличение уровня протеина в рационе без увеличения уровня энергии – к неэффективному использованию протеина рациона в связи с избыточным увеличением количества аммиака в рубце.

Определяющим фактором молочной продуктивности коров, как указывалось выше, является энергетическая ценность корма. Повышение ее уровня вдвое приводит к увеличению молочной продуктивности в 3,5 раза. Однако простого увеличения количества кормов недостаточно для повышения удоев. Необходимо еще и соблюдение определенной концентрации энергии в сухом веществе рациона для каждой продуктивной группы коров.

Поступление энергии в организм коровы ограничивается ее способностью потреблять то или иное количество сухого вещества рациона. Многочисленными исследованиями установлено, что при концентрации в сухом веществе рациона обменной энергии 8,0–8,5 МДж/кг и сырого протеина 8–10 % увеличить продуктивность до рентабельного уровня невозможно из-за низкой концентрации энергии и сырого протеина в сухом веществе, а также из-за ограничений скорости прохождения кормов через желудочно-кишечный тракт животного. Единственная возможность повысить уровень кормления в этих условиях – использовать комбикорма, содержащие не менее 16 % сырого протеина.

Наибольший экономический ущерб хозяйству приносит кормление скота, которое недостаточно сбалансировано по энергии. При снижении содержания энергии в единице корма увеличивается потребность в сухом веществе, которое при этом хуже используется животными. Так, при

содержании в 1 кг сухого вещества 9,5 МДж обменной энергии корове живой массой 500 кг и суточным удоем 20 кг требуется на производство 1 кг молока 0,97 кг сухого вещества кормов. Если же в 1 кг сухого вещества содержится 11,3 МДж обменной энергии, то той же корове на выработку 1 кг молока потребуется уже лишь 0,68 кг сухого вещества, т.е. на 30 % меньше. Это означает существенное снижение затрат на корма при повышении их качества.

Кроме того, улучшение качества объемистых кормов по концентрации энергии и сырого протеина резко снижает потребность в высокоэнергетических и протеиновых концентратах. Так, при среднекачественных объемистых кормах повышение обменной энергии с 8 до 9 МДж в 1 кг сухого вещества снижает среднегодовую потребность в концентратах. Аналогичным образом снижается потребность в концентратах при росте в них обменной энергии с 11 до 13 МДж. При этом потребность в сыром протеине концентратов может значительно снизиться.

Основным лимитирующим фактором в кормлении высокоудойных коров является энергия корма, важными источниками которой являются углеводы корма – сахара, крахмал и клетчатка. Углеводы – наиболее преобладающая часть растений. На их долю приходится более 2/3 органического вещества. В процессе превращения они обеспечивают все живые клетки энергией, участвуют в защитных реакциях организма. Важное свойство – способность их вступать в реакции с фосфорной кислотой, образуя энергетические комплексы в промежуточном обмене.

Из полисахаридов наиболее часто учитывается содержание в кормах крахмала и клетчатки, состоящей из целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина. Крахмал состоит из амилозы – 20–28 % и амилопектина – на 72–80. Он является важнейшим компонентом рациона сельскохозяйственных животных, обеспечивая их энергией.

Особое место в нормировании кормления и контроле качества основных кормов в рационах животных занимает концентрация сырой клетчатки. При деструкции клетчатки образуются различные виды усвояемых углеводов – сахара, декстрины и др., они играют важную роль в углеводном питании, являющемся основным источником энергии животных, отражаются на пищеварении, усвоении питательных веществ и их обмене в организме животного.

С увеличением клетчатки в рационах снижается переваримость питательных веществ кормов, и резко возрастают потери энергии из организма. Поэтому первым шагом к повышению продуктивности и экономической эффективности животных является увеличение энергетической ценности основного корма при оптимизации содержания в нем клетчатки.

Извлеченные из крови жиры откладываются клетками организма про запас. В составе жиров кислорода меньше, чем в других органических веществах, но больше углерода. Этим объясняется более высокая его

энергетическая ценность. Жир входит в состав протоплазмы клеток, где играет биологически важную роль.

В нормах для свиней и птиц даются суточные нормы кормов с указанием концентрации в них обменной энергии, концентрация которой может существенно изменяться в зависимости от состава рациона. Она может быть высокой, и наоборот, а калорийность корма оказаться пониженной. Чтобы не нарушать соотношение между энергией и аминокислотами (чаще всего оно определяется количеством граммов лизина на 1 МДж), рекомендуется при повышении или снижении концентрации энергии в корме повысить или снизить норму аминокислот. Оптимальной величиной для кур-несушек является 0,69 г лизина/МДж, для супоросных свиноматок – 0,51.

10.3. Взаимодополняющее действие разных кормов и добавок при сочетании их в рационе

Используемые в скотоводстве корма в большой степени различаются между собой по физико-механическим свойствам и поэтому не могут быть единственным кормом в рационе.

Наиболее технологичным и экономичным типом кормления для крупного рогатого скота является сено-силосно-сенажный, с включением концентрированных кормов как балансирующих добавок по обменной энергии. Широкий набор кормов в зимний период позволяет нормализовать процессы пищеварения и получать высокие надои молока хорошего качества и прирост живой массы животных.

Теоретическая основа составления полноценных, экономически эффективных многокомпонентных рационов или кормосмесей – свойство кормов при смешивании проявлять взаимодополняющее действие по отдельным элементам питательности готовой смеси. Правильной комбинацией кормов можно добиться нормативного (оптимального) уровня энергии, протеина, аминокислот, витаминов и минеральных веществ в смеси.

Общий принцип составления, как многокомпонентных рационов, так и кормосмесей – максимальное использование кормов собственного производства.

Сочетание различных кормовых средств позволяет сбалансировать рацион по содержанию питательных веществ, минеральных добавок, микроэлементов и витаминов, а также нормализовать такие соотношения, как сахар-протеин, энергия-белок, кальций-фосфор, расщепляемый протеин-нерасщепляемый протеин, обменная энергия рациона-сухое вещество рациона, клетчатка рациона-сухое вещество рациона и по многим другим.

Одним из главных показателей в системе нормированного кормления животных является сухое вещество, используемое в качестве основного критерия величины рациона и определения концентрации элементов питания, для контроля над фактическим соотношением различных питательных веществ в нем, в частности обменной энергии и сырой клетчатки.

В 1 кг сухого вещества сена в среднем содержится 7–8 МДж обменной энергии, силоса – 8–9, сенажа – 9–10, концентратов: люпин –11, горох – 12, ячмень – 13, соя – 16 МДж. Отдавая предпочтения в структуре рациона сену, силосу и сенажу, определяют общее содержание сухого вещества и обменной энергии. Недостающее количество обменной энергии восполняют за счет концентратов. Прибавка люпина, гороха, ячменя или сои выполняет эффект взаимодополняющего действия, когда недостаток энергии в рационе компенсируется концентратами, что создает оптимальные условия для пищеварения.

Особое место в нормировании кормления животных и контроле качества основных кормов занимает концентрация сырой клетчатки. В 1 кг сухого вещества сена содержится от 28 до 35 % сырой клетчатки, силоса – 28–30, сенажа – 25–30, концентратов: люпин –11, горох – 6, ячмень – 5, соя – 6 %. Нежелателен как недостаток, так и избыток клетчатки в рационе. Повышение удельного веса сенажа в сено-силосно-сенажном рационе, содержащего наименьшее количество клетчатки в сухом веществе, позволяет выполнить эффект снижения содержания клетчатки в кормовой смеси, в то время как увеличение доли сена и силоса, приводит к обратному действию, проявляя эффект взаимодополняющего и взаимозаменяющего действия.

Компенсировать недостачу или избыток протеина в рационе, или кормовой смеси необходимо комбинациями концентрированных кормов, а также снижением доли силоса в рационе, содержащего незначительное количество переваримого протеина, заменяя его на сенаж, содержащий наибольшее содержание этого элемента. Кроме того, подбором концентрированных кормов можно улучшить аминокислотное питание животных. Например, по содержанию сухого вещества и обменной энергии пшеница и кормовые бобы имеют одинаковую питательность, но бобы в 4,5 раза превосходят пшеницу по содержанию лизина.

Наилучшим способом удовлетворения потребностей животного и, соответственно, микрофлоры рубца является скармливание кормов в виде кормосмесей. Это способ кормления крупного рогатого скота, при котором животному единым «пакетом» предлагаются питательные вещества, рассчитанные на удовлетворение всех ее потребностей. Преимущество кормосмесей заключается в равномерности протекания процесса пищеварения, поскольку с каждой порцией животное принимает сбалансированный рацион. Для микрофлоры рубца создаются оптимальные условия, поскольку все питательные вещества и структурообразующие компоненты корма поступают в равномерном соотношении. Колебания величины рН в рубце практически отсутствуют, что предупреждает нарушения нормального метаболизма и достигается более эффективное использование корма.

При оптимальном перемешивании кормов выборочное поедание компонентов практически невозможно.

Литература

1. Березов, Т. Т. Биологическая химия : учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Медицина, 1990. – 704 с.
2. Буряков, Н. П. Особенности кормления высокопродуктивных коров / Н. П. Буряков, М. А. Бурякова, Е. В. Караваева. – Москва : РасцветВетИнформ, 2010. – 564 с.
3. Ганущенко, О. Ф. Организация рационального кормления коров с использованием современных методов контроля полноценности их питания : рекомендации / О. Ф. Ганущенко, Д. Т. Соболев. – Витебск : ВГАВМ, 2016. – 80 с.
4. Биохимия витаминов : учебно-методическое пособие для студентов факультета ветеринарной медицины и зооинженерного факультета / Н. Ю. Германович [и др.] ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2004. – 33 с.
5. Взаимосвязь использования энергии корма ремонтными бычками при разном уровне легкогидролизуемых углеводов в рационах / В. К. Гурин [и др.] // Ученые записки учреждения образования Витебская государственная академия ветеринарной медицины : научно-практический журнал. – Витебск : УО ВГАВМ, 2011. – Т. 47, вып. 1. – С. 353–357.
6. Гюльяхмедов, А. Н. Содержание селена в кормах и почвах хозяйств, неблагополучных по беломышечной болезни буйволят / А. Н. Гюльяхмедов, Г. И. Дильбази, Х. А. Халилова // Селен в биологии : материалы научной конференции. – Баку : ЭЛМ, 1974. – С. 148–151.
7. Емельянов, А. М. Обмен сахара, летучих жирных кислот и ацетоновых тел между кровью и стенкой желудочно-кишечного канала у овец при некоторых условиях питания : автореф. дис... канд. биол. наук / Ин-т биологии Уральского филиала АН СССР. – Свердловск, 1963. – 16 с.
8. Жиры в кормлении высокопродуктивных коров (рекомендации) / Е. О. Куприн [и др.]. – Казань, 2013. – 66 с.
9. Зенькова, Н. Н. Кормовая база скотоводства : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Ветеринарная медицина», «Зоотехния» / Н. Н. Зенькова, И. Я. Пахомов, Н. П. Разумовский. – Минск : ИВЦ Минфина, 2012. – 320 с.
10. Зоогигиена. Вода: водоисточники, водоснабжение и основные методы санитарно-гигиенических исследований : учебно-методическое пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т, Биол.-технол. фак.; сост.: А. А. Пермяков [и др.]. – изд. 2-е, перераб. и доп. – Новосибирск : Золотой колос, 2014. – 88 с.
11. Кондрахин, И. П. Условия, обеспечивающие нормальное рубцовое пищеварение у коров / И. П. Кондрахин // Научные труды Крымского ГАУ. – Симферополь, 2015. – С. 33–38.

12. Шупик, М. В. Кормление сельскохозяйственных животных : учебно-методическое пособие / М. В. Шупик, А. Я. Райхман. – Горки : БГСХА, 2014. – 237 с.
13. Кормление сельскохозяйственных животных : учебное пособие для учащихся учреждений образования, реализующих образовательные программы среднего специального образования по специальностям «Ветеринарная медицина», «Зоотехния» / Н. А. Яцко, Н. А. Шарейко, Н. П. Разумовский, И. Я. Пахомов, В. Г. Микуленок, Л. В. Новикова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2012. – 285 с.
14. Кормление сельскохозяйственных животных : учебник / В. К. Пестис [и др.]; под ред. В. К. Пестиса. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 657 с.
15. Кормопроизводство с основами ботаники : учебник / А. А. Шелюто [и др.]; под ред. А. А. Шелюто. – Минск : ИВЦ Минфина, 2013. – 560 с.
16. Лапотко, А. М. Как правильно кормить коров. Теория и практика управления молочной продуктивностью / А. М. Лапотко // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – № 6. – С. 45–50.
17. Лисунова, Л. И. Кормление сельскохозяйственных животных : учебное пособие / Л. И. Лисунова; под ред. В. С. Токарева ; Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2011. – 401 с.
18. Люндышев, В. А. Витаминно-минеральное питание сельскохозяйственных животных и птицы / В. А. Люндышев, А. В. Люндышев. – Минск : БГАТУ, 2010. – 136 с.
19. Макарцев, Н. Г. Кормление сельскохозяйственных животных : учебник / Н. Г. Макарцев. – Калуга : Ноосфера, 2012. – 642 с.
20. Оголева, В. П. Содержание и закономерности распределения валовой серы в почвах Волгоградской области / В. П. Оголева, Г. А. Вершинина // Агрохимия. – 1976. – № 3. – С. 89–91.
21. Палладин, А. В. Витамин К / А. В. Палладин. – Москва, 1944. – 119 с.
22. Пономаренко, Ю. А. Безопасность кормов, кормовых добавок и продуктов питания : монография / Ю. А. Пономаренко, В. И. Фисинин, И. А. Егоров. – Минск : Экоперспектива, 2012. – 864 с.
23. Радченкова, Т. А. Распад кормового протеина в рубце жвачных и его практическое значение / Т. А. Радченкова, Т. М. Натынчик. – Ленинград : Наука, 1983. – 107 с.
24. Родионова, Т. Н. Фармакодинамика селенорганических препаратов и их применение в животноводстве : автореф. дис. ... докт. биол. наук / Т. Н. Родионова. – Краснодар, 2004. – 40 с.
25. Светашов, А. С. Топинамбур – ценная кормовая культура / А. С. Светашов, В. А. Шатохин // Совершенствование технологий возделывания технических и кормовых культур в Центральной Черноземной зоне. – Воронеж, 1991. – С. 99–101.
26. Смирнов, П. М. Агрохимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 1984. – 304 с.

27. Сокольников, А. А. Биохимические механизмы участия витамина К в поддержании гомеостаза кальция и энергетическом обмене : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. А. Сокольников. – Москва, 1994. – 21 с.
 28. Технология кормопроизводства, обеспечение скота качественными кормами и белком и увеличение на этой основе производства молока и мяса : материалы семинара-учебы руководящих кадров АПК (Горки, январь 2012 г.) / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Минск, 2012. – С. 180–195.
 29. Токарев, В. С. Кормление животных с основами кормопроизводства : учебное пособие / В. С. Токарев. – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 592 с.
 30. Убушаев, Б. С. Научно-практическое обоснование интенсивного выращивания молодняка жвачных аридной зоне при различных условиях кормления : дис. ... д-р с.-х. наук / Б. С. Убушаев. – Волгоград, 2018. – 310 с.
 31. Физиология и этология животных : учебник / В. Ф. Лысов [и др.] ; под ред. В. И. Максимова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : КолосС, 2012. – 605 с.
 32. Харитонов, Е. Л. Комплексные исследования процессов рубцового и кишечного пищеварения у жвачных животных в связи с прогнозированием образования конечных продуктов переваривания кормов : автореф. дис. ... д-р биол. наук / Е. Л. Харитонов. – Боровск, 2003. – 51 с.
 33. Хохрин, С. Н. Кормление сельскохозяйственных животных / С. Н. Хохрин. – М.: КолосС, 2004. – 128 с.
 34. Чернышов, Н. И. Антипитательные факторы кормов / И. Г. Панин, Н. И. Шумский, В. В. Гречишников. – Москва : ВНИРО, 2013. – 196 с.
 35. Шлапунов, В. Н. Резервы зеленого конвейера / В. Н. Шлапунов // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 4. – С. 14–16.
 36. Ярошевич, М. И. Топинамбур – перспективная культура многоцелевого использования / М. И. Ярошевич, Н. Н. Вечер // Труды БГУ. – 2010. – Т. 4, вып. 2. – С. 88–93.
 37. Лемме, А. Сырой протеин — устаревшее понятие? : Is crude protein an outdated concept? / А. Лемме, Т. Клименко // Дайджест Сельское хозяйство. Наука и Практика. – 2018. – Вып. 5. – С. 45–48.
- Рис. 5.1. [URL : <https://agronomu.com/bok/7838-rahit-u-telyat-kak-i-chem-lechit.html> / (дата обращения: 11.01.2021)].
- Рис. 5.2. [URL : <https://agrovesti.net/lib/tech/ovtsevodstvo/nezaraznye-bolezni-ovets-i-koz-ikh-prichiny.html> / (дата обращения: 20.01.2021)].
- Рис. 5.3. [URL : <https://www.sciencedebate2008.com/osteoporoz-i-atrofiya-kostey/> / (дата обращения: 28.01.2021)].
- Рис. 5.4. [URL : <https://www.ya-fermer.ru/poslerodovoi-parez-krupnorogatogorskota/> / (дата обращения: 15.02.2021)].
- Рис. 5.5. [URL : <https://www.zivotnovodstvo.ru/vrozhdennaya-ataksiya-telyat/> / (дата обращения: 20.02.2021)].

- Рис. 5.6. [URL : <https://horse-rehab.ru/prostoy-lizunec-ili-s-mineralnymi-do/> (дата обращения: 22.02.2021)]
- Рис. 5.7. [URL : <https://horses.dp.ua/wp-content/uploads/2018/02/222.jpg>; [https:// hozjain.ua/ru/farm/pastbishhnaja-tetaniya-u-korovy /](https://hozjain.ua/ru/farm/pastbishhnaja-tetaniya-u-korovy/) (дата обращения: 27.02.2021)].
- Рис. 5.8. [URL : <https://agro-archive.ru/mineralnoe-pitanie/502-vliyanie-nedostatka-ili-izbytki-medi.html> / (дата обращения: 10.03.2021)].
- Рис. 5.9. [URL : <https://agronomu.com/bok/3899-kak-vylechit-porosyat-ot-parakeratoza.html> / (дата обращения: 20.03.2021)].
- Рис. 5.10. [URL <https://vetvo.ru/perozis.html> / (дата обращения: 28.03.2021)].
- Рис. 5.11. [URL : <https://studfile.net/preview/4659237/page:23> / (дата обращения: 12.04.2021)].
- Рис. 5.12. [URL : <https://forum.kozovod.com/t/molochnyj-zob-u-kozlyat/11048> / (дата обращения: 19.04.2021)].
- Рис. 5.13. [URL : <https://allvetdrugs.ru/bolezni/belomyshechnaya-bolezn>; [https://progorodchelny.ru/chto-takoe-belomyshechnaya-bolezn-telyat-prichiny-simptomu-i-lechenie /](https://progorodchelny.ru/chto-takoe-belomyshechnaya-bolezn-telyat-prichiny-simptomu-i-lechenie/) (дата обращения: 28.04.2021)].
- Рис. 5.14. [URL : <https://vetvo.ru/endemicheskij-karies-u-zhivotnyh.html> / (дата обращения: 19.05.2021)]. [URL : <https://vetvo.ru/endemicheskij-flyuoroz-u-zhivotnyh.html> / (дата обращения: 29.05.2021)].
- Рис. 6.1. [URL : <http://esuhorses.com/bolezni-kopyt-simptomu-i-lechenie/> (дата обращения: 18.06.2021)].
- Рис. 6.2. [URL : <https://studref.com/670060/meditsina/gipovitaminoz> / (дата обращения: 25.06.2021)].
- Рис. 6.3. [URL : <https://agronomu.com/bok/7816-kak-lechit-belomyshechnuyu-bolezn-u-telyat.html> / (дата обращения: 10.07.2021)].
- Рис. 6.4. [URL : [https:// ptitcevod.ru/bolezni-ptic/bolezni-neinfekcionnoj-prirody/vitamin-e-v-racione-pticy.html](https://ptitcevod.ru/bolezni-ptic/bolezni-neinfekcionnoj-prirody/vitamin-e-v-racione-pticy.html) / (дата обращения: 17.07.2021)].
- Рис. 6.5. [URL : [http://www.efaun.ru/gipovitaminoz-i-avitaminoz-v1-u-ptic /](http://www.efaun.ru/gipovitaminoz-i-avitaminoz-v1-u-ptic/) (дата обращения: 09.08.2021)].
- Рис. 6.6. [URL : <https://ptitcevod.ru/bolezni-ptic/bolezni-neinfekcionnoj-prirody/vitamin-v2-v-racione-pticy.html> / (дата обращения: 16.08.2021)].
- Рис. 6.7. [URL <https://www.agroxxi.ru/zhivotnovodstvo/stati/zhirovaja-distrofija-recheni-u-korov.html> / (дата обращения: 16.08.2021)].
- Рис. 6.8. [URL : <https://uvt.com.ua/ptitsa/kategorii-bolezney-ptits/bolezni-obmena-veshchestv-u-ptitsy/perozis-u-ptits> / (дата обращения: 10.09.2021)].
- Рис. 6.9. [URL : <https://fermilon.ru/hozyajstvo/zhivotnovodstvo/svini-i-porosyata-ploho-edyat-i-ne-rastut-chto-delat.html>; <https://vetvo.ru/gipovitaminoz-b5-pellagra.html> / (дата обращения: 19.09.2021)].
- Рис. 6.10. [URL : <https://en.ppt-online.org/296648>; <https://www.petspoint.ru/articles/gipovitaminozy-129/nedostatochnost-biotina.html> / (дата обращения: 20.09.2021)].

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1 ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ И НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОЛНОЦЕННОГО КОРМЛЕНИЯ ЖИВОТНЫХ	6
1.1 Элементарный и химический состав тела животных и растений	6
1.2 Современная схема зоотехнического анализа кормов	7
1.3 Физиологическое значение воды в кормлении и обмене веществ у животных	9
1.4 Физиологическое значение сухого вещества в кормлении и обмене веществ у животных	12
1.5 Органическое вещество кормов как источник энергии и жизнедеятельности	13
1.5.1 Сырой протеин	13
1.5.2 Сырой жир	15
1.5.3 Сырая клетчатка	17
1.5.4 Безазотистые экстрактивные вещества	18
2 ПРОТЕИНОВАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ И ПРОБЛЕМА ПОЛНОЦЕННОГО ПРОТЕИНОВОГО ПИТАНИЯ	19
2.1 Физиологическое значение протеина в питании и обмене веществ у сельскохозяйственных животных	19
2.2 Понятие о протеиновой питательности кормов. Заменяемые и незаменимые аминокислоты	21
2.3 Аминокислотный состав протеинов растительных и животных кормов	23
2.4 Понятие о биологической ценности протеина	27
2.5 Принцип «дополняющего действия» протеинов различных кормов, применяемый при составлении полноценных кормовых смесей	28
2.6 Понятие об используемом сыром протеине кормов	28
2.7 Растворимость протеинов и водосолерастворимые их фракции. Понятие о расщепляемом и нерасщепляемом протеине кормов	29
2.8 Приемы «защиты» протеина в рубце жвачных животных	32
2.9 Факторы, определяющие синтез микробного белка в преджелудках жвачных	34
2.10 Доступность и усвоение аминокислот	34
2.11 Баланс азота в рубце	36
2.12 Нитраты и нитриты, их влияние на здоровье животных и использование отдельных питательных веществ	37
2.13 Последствия несбалансированности рационов по протеину и аминокислотам	38
2.14 Источники кормового протеина и аминокислот	40
2.15 Контроль протеинового питания животных	41
2.16 Основные пути решения проблемы кормового протеина в животноводстве	43
3 УГЛЕВОДНАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ	47
3.1 Понятие об углеводной питательности кормов	47
3.2 Роль разных форм углеводов в кормлении животных	53
3.3 Понятие о кислотнo-детергентной клетчатке и нейтрально-детергентной клетчатке и их роль в кормлении жвачных животных	54
3.4 Влияние углеводов на пищеварение, обмен веществ и усвояемость питательных веществ кормов	56

3.5	Взаимосвязь углеводов с другими факторами питания. Формы проявления недостаточности и несбалансированности рационов по углеводам	57
3.6	Особенности углеводной питательности кормов для животных разных видов	60
3.7	Последствия несбалансированности рационов по углеводам	61
4	ЛИПИДЫ КОРМОВ И ПРОБЛЕМЫ ПОЛНОЦЕННОГО ЛИПИДНОГО ПИТАНИЯ	63
4.1	Липиды, их состав и значение в питании животных	63
4.2	Заменяемые и незаменимые жирные кислоты	69
4.3	Формы проявления у животных недостаточности липидов в рационах	71
4.4	Влияние кормовых жиров на состояние обмена веществ, продуктивность и качество продуктов животноводства	73
4.5	Понятие о недоокисленных продуктах обмена жиров	75
4.6	Факторы, определяющие полноценность липидного питания	77
4.7	Контроль липидного питания сельскохозяйственных животных	78
5	МИНЕРАЛЬНАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ И ПРОБЛЕМА ПОЛНОЦЕННОГО МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ	80
5.1	Физиологическое значение минеральных веществ в питании и обмене веществ у сельскохозяйственных животных	80
5.2	Классификация минеральных элементов	81
5.3	Содержание в кормах, доступность, усвоение и депонирование в организме животных	82
5.4	Влияние хелатов на обмен веществ в организме животных	109
5.5	Реакция золы корма и значение соотношения кислотных и щелочных элементов в питании животных	110
5.6	Пути решения проблемы полноценного минерального питания животных	111
6	ВИТАМИННАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ И ПРОБЛЕМА ПОЛНОЦЕННОГО ВИТАМИННОГО ПИТАНИЯ	115
6.1	Значение витаминов в кормлении и обмене веществ у сельскохозяйственных животных	115
6.2	Классификация витаминов, витаминоподобные вещества, авитамины и провитамины	115
6.3	Факторы, влияющие на биосинтез витаминов в преджелудках жвачных	116
6.4	Доступность, усвоение и депонирование витаминов в организме животного	117
6.5	Авитаминозы, гиповитаминозы и гипервитаминозы	118
6.6	Жирорастворимые витамины и последствия их недостаточности	119
6.7	Водорастворимые витамины и последствия их недостаточности	127
6.8	Пути решения проблемы обеспечения витаминами сельскохозяйственных животных	142
6.9	Алиментарные заболевания и способы их профилактики	144
7	БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ И АНТИПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА КОРМОВ	152
7.1	Пробиотики, пребиотики, ферменты, вкусовые добавки, их влияние на рост сельскохозяйственных животных и обмен веществ	152
7.2	Ароматические и вкусовые вещества	164
7.3	Понятие о антипитательных и токсически действующих веществах отдельных кормов	168

8	ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ ПО ПЕРЕВАРИМЫМ ПИТАТЕЛЬНЫМ ВЕЩЕСТВАМ	172
8.1	Переваривание корма как первый этап питания организма	172
8.2	Особенности пищеварения у разных видов животных	173
8.3	Особенности рубцового пищеварения у жвачных животных	177
8.4	Методика и техника определения переваримости питательных веществ корма	184
8.5	Система оценки питательности кормов по сумме переваримых питательных веществ	187
8.6	Факторы, влияющие на переваримость кормов	187
8.7	Пути повышения переваримости питательных веществ кормов	191
9	МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНОГО. ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ	192
9.1	Обмен веществ и энергии как основа жизненных процессов в организме животных	192
9.2	Сущность определения баланса азота и углерода в организме животного	194
9.3	Понятие об энергетической питательности кормов	197
9.4	Особенности обмена энергии у жвачных и моногастричных животных	199
9.5	История развития учения о способах оценки общей питательности кормов	200
9.6	Оценка энергетической питательности кормов в США и Германии	209
10	КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ И РАЦИОНОВ	212
10.1	Понятие о комплексной и дифференцированной оценке питательности кормов	212
10.2	Взаимосвязь факторов питания и энергии рациона	214
10.3	Взаимодополняющее действие разных кормов и добавок при сочетании их в рационе	217
	Литература	219