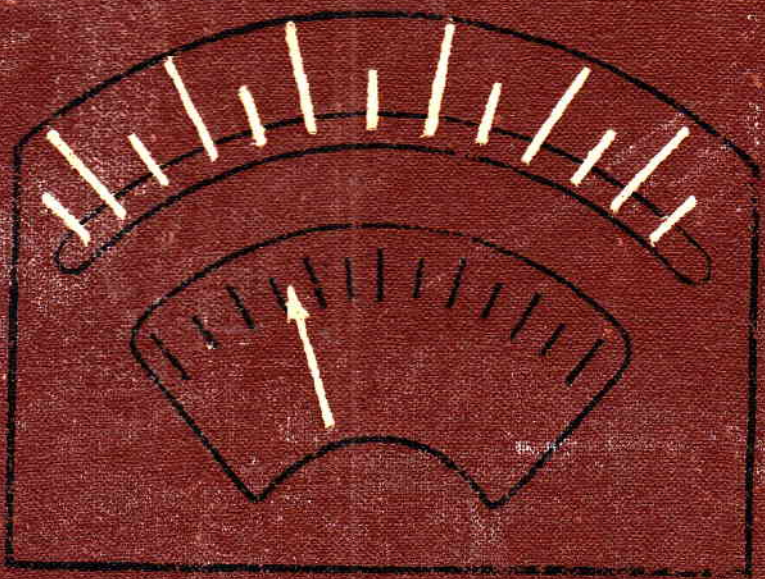
СПРАВОЧНИК
по контролю кормления и содержания животных



ББК 46.4
С74
УДК 636.083/.084(031)

Авторы: *В. А. Аликаев, Е. А. Петухова, Л. Д. Халенева, И. Т. Емелина, Р. Ф. Бессарабова, В. Ф. Костюнина*

Рецензенты: доктор сельскохозяйственных наук *И. И. Яров*, доктор сельскохозяйственных наук *С. Н. Хохрин*, кандидат сельскохозяйственных наук *В. Г. Чихиржин*

Справочник по контролю кормления и содер-
С 74 жания животных/В. А. Аликаев, Е. А. Петухова, Л. Д. Халенева и др. — М.: Колос, 1982. — 320 с., ил.

В справочнике приводятся различные методы и нормативы лабораторного и производственного контроля за кормлением, содержанием и использованием продуктивных животных, направленные на создание оптимального технологического режима в хозяйствах, особенно на крупных специализированных и промышленных комплексах. Приводятся таблицы химического состава и переваримости питательных веществ основных видов кормов и другой справочный материал.

С $\frac{3804010302-107}{035(01)-82}$ 142—82. ББК 45.4

636.04

© Издательство «Колос», 1982

ВВЕДЕНИЕ

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года», документе, принятом XXVI съездом Коммунистической партии Советского Союза, определены для сельского хозяйства страны показатели среднегодового производства продуктов животноводства: мяса 17—17,5 млн. тонн, молока 97—99 млн. тонн, яиц не менее 72 млрд. штук и шерсти 470—480 тыс. тонн.

Выполнение этих заданий и дальнейшее увеличение производства животноводческой продукции в основном определяются состоянием здоровья и уровнем продуктивности животных. Уверенное и непрерывное нарастание продукции животноводства может быть только при создании стад из здоровых и высокопродуктивных животных. Здоровье и продуктивность сельскохозяйственных животных — факторы, определяющие рентабельность животноводческих хозяйств. В свою очередь, здоровье и уровень продуктивности во многом зависят от состава и полноценности рационов, доброкачественности используемых кормовых средств, а также от создаваемых для животных условий содержания на протяжении всего года.

Особое значение имеет обеспечение полноценности кормления и оптимальных условий содержания поголовья животных с повышенной продуктивностью, находящихся в крупных специализированных хозяйствах (комплексах), где внедрена промышленная технология. В связи с этим возникла потребность в изучении биологических параметров реакции организма животных на условия среды их обитания в крупных промышленных хозяйствах, разработке новых зоогигиенических и зоотехнических нормативов, внедрении их в производство, в постоянном контроле за их соблюдением, а также в соответствии таких условий росту продуктивности и сохранению здоровья животных. Возникла реальная необходимость вооружения зоотехнических и ветеринарных специалистов, руководителей хозяйств, работников лабораторий приемами, методами и нормативами определения оптимальных возможностей производства животными высокой продукции и сохранения хорошего состояния здоровья.

В «Справочнике по контролю кормления и содержания животных» излагаются методы производственного и лабораторного контроля полноценности кормления и соответствия условий содержания животных современным зоогигиеническим нормативам, производственные приемы исследования и оценки, чаще всего основанные на использовании органолептических, инструментальных и расчетных методов, повседневно применяемых в работе ветеринарными врачами, зоотехниками, зооинженерами, веттехниками, а также руководителями хозяйств и их подразделений.

Особое значение имеет оценка показателей доброкачественности кормовых средств и воды, при определении которых чаще всего приходится использовать лабораторные методы.

Вопросы, связанные с необходимостью иметь качественную характеристику кормовых средств для обеспечения ими животных в современных крупных хозяйствах, нашли свое отражение в Постановлении Центрального Комитета КПСС и Совета Министров СССР «О создании единой специализированной агрохимической службы в стране» (1979 г.), где среди задач этой службы наряду с почвенно-агрохимическими исследованиями даны указания об организации и проведении анализов качества кормов.

Эту работу проводят агрохимические лаборатории, ветеринарные лаборатории и лаборатории, которые начали создавать крупные животноводческие хозяйства, птицефабрики, сельскохозяйственные объединения.

В книге приводятся сведения о приемах и методах определения химического состава кормовых средств, используемых в хозяйствах, и о приемах практического внедрения получаемых данных для расчетов питательности рационов и контроля их соответствия потребностям животных разных видов.

Определение оптимальных условий микроклимата (температуры, влажности, скорости движения воздуха, а также его газового состава в помещениях) следует вести доступными всем хозяйствам современными методами, сопоставляя полученные данные с утвержденными нормативами. Для выполнения этой работы в книге приведены описания методов, даны нормативы зоогигиенических показателей микроклимата.

Одним из вопросов контроля за кормлением и содержанием животных является объективный учет их влияния на состояние обмена веществ. Это определяет характер, объем и средства нормализации хода обмена веществ оптимальным удовлетворением потребностей организма. В книге приведены описания методов биохимического контроля нормирования и полноценности кормления и условий содержания по результатам анализов крови, молока, мочи, яиц.

КОНТРОЛЬ ПОЛНОЦЕННОСТИ КОРМЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПОЛНОЦЕННОСТИ КОРМЛЕНИЯ

Контроль полноценности кормления по ветеринарно-зоотехническим и биохимическим показателям является частью комплексной оценки питательности рационов.

Полноценным считается кормление, при котором животные получают питательные и биологически активные вещества в соответствии с их потребностями. Полноценное кормление способствует нормальному течению всех физиологических процессов в организме и производству продукции высокого качества при минимальной затрате кормов.

От полноценности кормления зависят состояние здоровья животных, их продуктивность, качество продукции, а также экономичность кормления. Снижение затрат кормов на получение единицы продукции означает уменьшение потерь при обмене. От полноценности кормления зависит устойчивость организма животных к возбудителям инфекционных и инвазионных болезней и способность выработки антител.

Для определения отклонений в состоянии здоровья и продуктивности в начале развития этих процессов, причиной которых являются недостатки в кормлении, следует постоянно контролировать показатели полноценности рационов. При этом следует учитывать как само кормление, так и ответные реакции организма.

Методы контроля полноценности кормления можно разделить на ветеринарно-зоотехнические и биохимические. К основным приемам контроля полноценности кормления относятся: 1. Анализ кормов и рационов. 2. Состояние аппетита. 3. Изменения живой массы животных. 4. Уровень молочной продуктивности и коэффициент устойчивости лактации (норма 90% и выше). 5. Качество продукции. 6. Показатели воспроизводства. 7. Продолжительность межотельного и сухостойного периодов. 8. Контроль биохимических показателей крови, мочи, молока, яиц, печени и др. 9. Осмотр животных и регистрация признаков, характерных для недостаточности какого-либо вещества в рационе, и др.

Анализ кормов и рационов — один из основных приемов зоотехнического контроля полноценности кормления. При анализе проводится сопоставление фактической питательности рациона с потребностью животных в энергии, протеине, углеводах (клетчатка, сахара), жире, минеральных веществах и витаминах. Нередко причина недостаточности может быть установлена только при тщательном изучении кормления в предшествующий, иногда довольно отдаленный, период (например, величина и степень истощения зимой запасов витамина А в организме животных зависит от условий их питания в летний период).

Важнейшим показателем полноценности кормления животного является затрата корма на единицу продукции. Снижение затрат

кормовых единиц на производство 1 кг мяса, молока или 1 десятка яиц свидетельствует о лучшем использовании питательных веществ рациона. Известное представление о полноценности кормления коров можно получить и по изменению хода их лактации. При сбалансированном полноценном кормлении коров удои в ходе лактации снижаются постепенно. Нарушение обмена веществ при концентратном типе кормления коров или систематическом недостатке кальция в их рационе ведет к резкому снижению удоев. В производственных условиях полноценность кормления коров можно контролировать, сравнивая их лактационные кривые с нормой. При этом следует учитывать и изменение живой массы животных. При неполноценном, хотя и обильном по содержанию углеводов кормлении, живая масса коров часто увеличивается, а их молочная продуктивность снижается. В ряде случаев отмечается уменьшение массы животных при сохранении высоких удоев, что свидетельствует об образовании молока за счет веществ тела.

При контроле полноценности кормления необходимо учитывать и показатели воспроизводства: число осеменений, оплодотворяемость, качество приплода и его развитие в первые 2—3 мес, а также аборты, послеродовые осложнения, количество мертворожденных. У птицы учитывают выводимость, состояние суточных цыплят, утят и т. д. При неполноценном кормлении у самок животных бывает слабо выражена течка, иногда они вовсе не приходят в состояние охоты. У новорожденных с первых дней отмечаются расстройства пищеварения.

Недостаток в рационах маток протеина, кальция, фосфора, витаминов А, D, Е и группы В, а также некоторых микроэлементов может быть причиной яловости, абортов, рождения слабого или мертвого приплода. К аналогичным нарушениям нередко приводит концентратный тип кормления маточного поголовья.

О неполноценности кормления можно судить и по качеству получаемой продукции, в частности по содержанию жира, белка, витаминов и минеральных веществ в молоке. Например, при недостатке в рационах коров клетчатки, протеина, растворимых углеводов, неправильном соотношении сахаров и переваримого протеина (норма 0,8—1,2 : 1) жирность молока снижается, так как нарушаются процессы брожения в рубце. При этом в молоке увеличивается количество кетоновых тел. При содержании животных на рационах, неполноценных по минеральным веществам и витаминам, их концентрация в молоке снижается.

Аппетит является одним из важнейших показателей здоровья животного. Заметное снижение аппетита или периодические его отклонения от нормы относятся к числу довольно ранних признаков нарушения обмена из-за неполноценного кормления.

Рекомендуется также проводить периодический осмотр животных, выявлять и регистрировать признаки, характерные для неполноценного (несбалансированного) кормления.

Ранее всего последствия несбалансированности кормления можно установить по биохимическим показателям крови, мочи, молока и яиц. В частности, об уровне А-витаминного питания можно судить по содержанию каротина и витамина А в сыворотке крови, печени и желтке яиц. Важными показателями макроминерального питания являются данные о содержании кальция и фосфора в сыворотке крови, резервная щелочность, содержание натрия и калия в слюне и др. При недостатке железа, меди и кобальта в кормах

снижается их содержание в крови и печени, уменьшается также количество гемоглобина.

Используя методы зоотехнического контроля, можно установить, полноценное или неполноценное кормление животных в хозяйстве и как оно отражается на продуктивности коров, воспроизводстве и качестве продукции. Для этого на основе ветеринарно-зоотехнического учета выясняют по отделению, ферме, бригаде или группе коров следующие данные.

1. Суточные рационы на одно животное за определенный период, а также качество кормов.

Данные записывают по следующей схеме (табл. 1):

1. Форма записи суточного рациона

Корм	Масса корма, кг	Кормовые единицы, кг	Переваримый протеин, г	Сахар, г	Са, г	Р, г	Каротин, мг	Витамин D, МЕ
Итого								
Норма								
± к норме								
Обеспеченность, % к норме								

В рационах птицы и свиней, кроме того, учитывают содержание сухого вещества, аминокислот, витаминов группы В и некоторых микроэлементов, у жвачных — сухое вещество, клетчатку, сахара и др.

Формы определения сбалансированности и полноценности кормления по этим веществам, а также по микроэлементам приводятся в таблицах 2 и 3.

2. При определении типа кормления выясняют расход кормов на одно животное в год и за сезон, рассчитывают их соотношение в процентах по питательности.

3. При анализе кормления рекомендуется использовать данные о химическом составе и питательности кормов, полученные в лаборатории, или табличные сведения, но обязательно с учетом зоны производства корма и его качества.

4. Учитывают среднегодовую продуктивность животных (молочную, мясную, шерстную), жирность молока, затраты кормовых единиц и протеина на 1 кг продукции.

5. Выясняют упитанность и среднюю живую массу, возрастной состав коров, причины и среднегодовой процент выбраковки; оплодотворяемость (%), предродовые и послеродовые осложнения (родильный парез, задержание последа, залеживание и т. д.) в процентах к маточному поголовью (желательно использовать эти данные за год или по сезонам); яловость и аборты неинфекционного происхождения (%); состояние здоровья новорожденного молодняка (заболевание, отход). Большое значение при этом имеет оценка качества приплода, полученного в осенне-летний период и в конце стойлового содержания. В свиноводстве необходим также учет в отдельных пометах числа здоровых и мертворожденных поросят, в

2. Форма записи при контроле полноценности кормления и сбалансированности рациона по аминокислотам, витаминам группы В и микроэлементам (на 1 голову). **Данные о животных: живая масса . . . . . , возраст . . . . . , продуктивность . . . . . , физиологическое состояние . . . . .**

Состав рациона	Содержится в рационе												
	кг (г)	Сухое вещество, кг (г)	Сырой протеин, г	аминокислоты, г (мг)				витамины группы В, мг (мкг)*			микроэлементы, мг (мкг)*		
				лизин	метионин	цистин	триптофан	B_1	B_2	B_{12}	Co	Cu	Mn
1.													
2.													
И т. д.													
В рационе содержится													
Требуется по норме на 1 голову в сутки													
± к норме													
Обеспеченность, % к норме													

Заключение о сбалансированности рациона:

* Могут быть включены другие витамины (B_3, B_4, B_5, E) или микроэлементы (йод, цинк и др.).

птицеводстве — выводимости и качества полученных цыплят (утят, индюшат).

Высокий процент молодых коров (свиноматок, овцематок) в стаде говорит об ускоренном обороте поголовья, а повышенная выбраковка при исключении инфекции часто свидетельствует о неблагополучии в кормлении.

На основании полученных данных можно составить общее представление об уровне и полноценности кормления животных в хозяйстве.

6. Необходимо также провести внешний осмотр поголовья и определить, нет ли признаков, характерных для недостаточности какого-либо вещества в рационе. Обращают внимание на упитанность, аппетит (ослабление, извращение), кожный, шерстный и перьевой покров (блеск, прилегание, зализывание, дерматиты), качество копытного рога (блеск глазури, трещины), поведение животных в стойле, станке, на прогулке, состояние конечностей, зубов. Выявляют функциональное состояние системы органов пищеварения по ее отклонениям от нормы (поносы, цвет и запах кала, наличие или отсутствие на нем слизи, примесей крови и др.), системы органов дыхания (одышка, хрип и шумы или затруднение при вдохе или выдохе, частота, глубина и др.), а также состояние глаз и носа (наличие или отсутствие воспалительных процессов слизистых оболочек, сопровождающихся серозными или гнойными выделениями).

3. Форма записи при определении сбалансированности сухого вещества рационов по аминокислотам, витаминам и микроэлементам

Контролируемые вещества	Единица измерения	В рационе содержится	На сухое вещество		К сырому протеину	
			норма	обеспеченность, % к норме	норма аминокислоты, %	обеспеченность, % к норме
Сухое вещество *	кг	100%				
Сырой протеин	г				100	
Лизин	»					
Метионин+цистин	»					
Триптофан и др.	»	На 1 кг сухого вещества				
Витамин А	МЕ					
Витамин D	»					
Витамин B_1	мг					
Витамин B_2 и др.	»					
Кобальт	»					
Медь	»					
Марганец	»					
Иод и др.	»					

Заключение о полноценности рациона:

* В птицеводстве анализируют сбалансированность 100 г воздушно-сухого корма (аминокислоты измеряют в миллиграммах, витамины и микроэлементы — в микрограммах).

На инкубаторной станции по возможности делают внешний осмотр погибших эмбрионов.

Результаты осмотра записывают по следующей форме (табл. 4).

В ветеринарных учреждениях следует иметь альбомы фотографий отдельных видов сельскохозяйственных животных с характерными симптомами недостаточности определенных элементов питания.

4. Форма записи данных осмотра (пример)

Вид и категория животных	Видимые отклонения от нормы в состоянии здоровья	Возможные причины	Меры предупреждения (изменение состава рациона, введение минеральных, витаминных и других подкормок, подготовка кормов, изменение рациона)
Цыплята	Оперение взъерошенное, часть цыплят хромает или передвигается на «пятках», пальцы скручены внутрь	В рационе мало витамина B_2	Ввести в рацион цыплят препарат витамина B_2, дрожжи, травяную муку, корма животного происхождения; можно скармливать пророщенное зерно

7. Для уточнения и детализации причин неполноценности кормления посылают в лабораторию пробы крови, мочи, молока, яиц или тканей животных для исследования на определенные биохимические показатели (тесты).

Сведения, полученные в результате такого полного анализа, позволяют хозяйству выработать рекомендации по устранению причин неполноценности кормления и нарушений обмена веществ.

НЕКОТОРЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ НЕПОЛНОЦЕННОГО КОРМЛЕНИЯ И ТЕСТЫ КОНТРОЛЯ ПОЛНОЦЕННОСТИ

Энергия

Источником энергии для животных являются все органические вещества корма (протеин, углеводы, жиры). Основное количество энергии животные получают за счет углеводов.

Питательность кормов оценивается в величинах обменной и продуктивной энергии. При кормлении птицы в настоящее время обменную энергию нормируют в килоджоулях или килокалориях, а при нормировании энергетического питания других видов животных продуктивную энергию, выражаемую в условных показателях, — в овсяных кормовых единицах (1 корм. ед. равна 1416 ккал или 5,92 МДж чистой энергии). Рекомендуют оценивать питательность корма в энергетических кормовых единицах (1 ЭКЭ=10,4 МДж обменной энергии).

Факторы, влияющие на использование энергии корма в организме животных. Эффективность превращения валовой энергии в переваримую и обменную зависит от вида и возраста, породных и индивидуальных особенностей животных, состава рациона, особенно от количества клетчатки, структуры рационов и полноценности кормления. Основным средством повышения отдачи от кормления животных на этой фазе является улучшение качества кормов и соответствующий их подбор в рационе с учетом химического состава и требований животных в целях повышения переваримости питательных веществ. Так, переваримость органического вещества смешанного рациона с объемистыми кормами высокого качества составляет у коров 70—75%, а при кормах низкого качества — 60% и менее. Органическое вещество из рационов с 20% сырой клетчатки переваривается коровами на 68—70%, при 30% клетчатки — около 60%, при 35% — 55%. Потери питательных веществ с мочой и рубцово-кишечными газами также зависят от характера кормления. Однако они подвержены меньшим колебаниям. Потери в моче заметно возрастают при избыточном поступлении протеина. Так, затраты энергии на обезвреживание аммиака и выведение его из организма в виде мочевины составляют около 7,5 ккал/г азота мочи. Значительными являются потери органических веществ в тепловой форме энергии.

Обменная энергия (энергия питательных веществ, всосавшихся в пищеварительном тракте, минус энергия мочи и кишечных газов) используется на поддержание жизни, то есть для обеспечения работы внутренних органов, поддержания температуры тела, на необходимые движения животного, а также для восстановления изношенных тканей организма, для образования новых клеток и новых тканей, для синтеза продукции молока, мяса, яиц, шерсти. Эффективность превращения физиологически полезной (обменной) энергии в клетках тела на нужды организма и образование продукции зависит от соответствия состава усвоенных (всосавшихся) питательных веществ веществам, входящим в состав образуемых тканей и продукции. Чем значительнее разница между веществами, поступающими с кормом и синтезируемыми в организме, тем больше питательных веществ, окисленных в клетках в процессе обмена, выделяется из организма в форме тепла.

Теплопродукция включает в себя как тепловую энергию, появляющуюся в организме в результате физиологических процессов, связанных с поддержанием жизни, так и тепло, образуемое в процессе превращения питательных веществ корма в вещества тела и продукции. Избыточное тепло, снижающее продуктивное действие корма, обычно появляется при неполноценном кормлении, когда рационы не сбалансированы в соответствии с потребностями и в организме не хватает питательных веществ, необходимых для обеспечения нормальных физиологических процессов. Например, тепловые потери в расчете на 1 кг сухого вещества корма увеличиваются в среднем на 10% при содержании коров на слегка несбалансированных рационах и на 25—30% на сильно несбалансированных, особенно избыточных (на 60—90%) или недостаточных (на 20—40%) по протеину. 1 г принятого с кормом избыточного белка повышает выделение тепловой энергии на 1,5 ккал.

Дисбаланс в поступлении питательных веществ всегда приводит к существенному снижению КПД кормов и повышению затрат на единицу продукции. Повышение КПД корма означает уменьшение потерь, происходящих в процессе пищеварения в желудочно-кишечном тракте и использовании всосавшихся питательных веществ в организме. На КПД кормов влияют также уровень продуктивности и соотношение в рационах так называемых поддерживающей и продуктивной частей корма. Чем выше продуктивная часть корма, тем ниже затраты кормов на единицу продукции.

Контроль энергетического питания. Некоторые последствия недостаточного или избыточного энергетического питания сельскохозяйственных животных. При недокорме наблюдаются снижение молочной, яичной, мясной продуктивности и различная степень истощения животных (у молодняка замедление или прекращение роста). Понижается устойчивость животных против возбудителей инфекционных и инвазионных заболеваний. У овец ухудшаются рост и качество шерсти (голодная тонина). Увеличиваются затраты корма на единицу продукции. Недокорм также снижает плодовитость вследствие ослабления или прекращения овуляции у маток и снижения оплодотворяемости. Обычно при этом увеличиваются число повторных осеменений и яловость животных. После сильного истощения животных у них угасают половые функции. Здоровый организм может преодолеть ограниченный период голодания за счет использования запасов питательных веществ в теле. При длительном голодании эти депо истощаются и организм начинает ограничивать отдельные функции, в том числе воспроизводительные. Скудное кормление задерживает половое созревание молодых животных. Содержание стельных сухостойных коров на рационах, не обеспечивающих их потребность в энергии, является часто одной из причин задержки

на 2—3 мес восстановления нормального полового цикла после отела. Это не удается компенсировать даже обильным кормлением сразу после отела. Сильное ограничение поступления питательных веществ после отела больше сказывается на результатах осеменения, так как снижается оплодотворяемость. Голодное бесплодие отмечается чаще в конце зимнего сезона, особенно после засушливого лета. Наблюдаются анафрозия, аборты, перекрытия. У новотельных высокопродуктивных коров (суточный удой 25 кг молока и выше) нередко наблюдается отрицательный энергетический баланс. При этом коровы не приходят в охоту или не оплодотворяются, несмотря на повторные осеменения. Такие коровы становятся стельными только после снижения суточных удоев до 15—17 кг (при недостаточном поступлении энергии организм ограничивает воспроизводительные функции в пользу лактации). Отсутствие половой охоты и слабая оплодотворяемость обычно обратимы и восстанавливаются при улучшении кормления.

Избыточное поступление энергии приводит к ожирению животных, сокращению у маток числа овуляций и снижению оплодотворяемости. Перекорм может также привести к кистозному перерождению яичников.

Биохимические критерии обеспеченности животных энергией, потребность и меры предупреждения недостаточности или избыточности энергетического питания. При значительном недокорме, сопровождающемся обычно острым недостатком углеводов, у животных развивается гипогликемия (глюкозы 20—30 вместо 60—100 мг%), которая служит первым биохимическим сигналом, указывающим на подавление выработки гонадотропинов и возможное угнетение гипоталамуса и других желез внутренней секреции. У маток это обычно сочетается с симптомами, характерными для бесплодия (отсутствие течки, гибель яйцеклеток в трубах и матке).

Общий недокорм животных в практике может сопровождаться неполноценностью рационов по протеину, углеводам, жиру, витаминам и минеральным веществам.

Основным методом предупреждения нарушений энергетического питания является регулирование калорийности рационов в соответствии с нормами кормления сельскохозяйственных животных.

Протеин и аминокислоты

В практике кормления сельскохозяйственных животных учитывают суточную потребность в переваримом протеине (в граммах на голову), а также его концентрацию в расчете на 1 кормовую единицу рациона или на 1 кг сухого вещества рациона или сухого корма (в граммах или процентах). Кроме того, рекомендуется нормировать содержание сырого протеина в сухом веществе рационов или в сухом корме (в граммах или в процентах). В рационах птицы при сухом типе кормления нормируют концентрацию сырого протеина в 100 г воздушно-сухого корма, а при комбинированном учитывают суточную потребность в протеине (в граммах на голову в группе птицы определенного вида, возраста и продуктивности). Протеины кормов необходимы для построения белка тела молодых растущих животных, возобновления изношенных тканевых белков у полновозрастных животных, для образования белков продукции

(молока, яиц, шерсти), синтеза ферментов, гормонов, иммунных тел и др.

Биологическая ценность кормового протеина определяется в специальных опытах в основном на лабораторных животных по способности белка обеспечивать рост, поддержание жизни и образование продукции. В животноводстве биологическую ценность кормовых протеинов часто определяют по количеству азота, отложенного в теле, в процентах от переваримого, то есть учитывают азот, использованный на поддержание жизни, прирост массы и образование продукции. Биологическая ценность протеинов корма зависит от аминокислотного состава, а также от доступности и усвояемости аминокислот. Аминокислоты делятся на две основные группы: заменимые (аспарагиновая и глутаминовая кислоты, аланин, глицин, оксипролин, норлейцин, пролин, серин, тирозин, цистин, цистеин, цитруллин и др.) и незаменимые (лизин, метионин, триптофан, лейцин, изолейцин, треонин, фенилаланин, гистидин, валин, аргинин). Для молодняка птицы незаменимой аминокислотой является также глицин.

Заменимые аминокислоты могут синтезироваться в организме, а незаменимые не синтезируются или образуются в количествах, недостаточных для удовлетворения потребностей. Эти аминокислоты должны ежедневно поступать с кормами. Две аминокислоты: цистин и тирозин иногда считают полузаменимыми, так как первая может образоваться в организме из метионина (30—50% потребности), а вторая — из фенилаланина. Незаменимость аминокислот связана с видовыми и возрастными особенностями и продуктивностью животных. Отсутствие или недостаток незаменимых аминокислот приводит к потере аппетита, отрицательному балансу азота, прекращению регенерации белков, патологическим изменениям в нервной, эндокринной и ферментной системах, составе крови и др. Поэтому неполноценными считаются кормовые протеины, не содержащие каких-либо незаменимых аминокислот или их недостаточное количество для синтеза животного белка. В организме животных в местах синтеза белка должны находиться все необходимые аминокислоты в определенных соотношениях. Дефицит одной или нескольких аминокислот приводит к их дисбалансу, к ограничению биосинтеза белков в организме животных и нарушениям белкового обмена.

В практических рационах чаще всего не хватает лизина, метионина и цистина, в ряде случаев — триптофана. Поэтому эти аминокислоты называются критическими и в хозяйствах необходимо контролировать их содержание в рационах свиней и птицы.

У жвачных бактериальный белок покрывает 40—60% потребности в аминокислотах. Остальная часть обеспечивается за счет аминокислот корма. Животные со средней и низкой продуктивностью получают достаточное количество незаменимых аминокислот из биомассы и кормов. При высокой молочной продуктивности, интенсивном росте молодняка часто отмечается недостаток лизина и серосодержащих аминокислот, для удовлетворения потребности в которых необходимо создавать благоприятные условия для их синтеза бактериями и простейшими (лизина) в преджелудках или вводить синтетические препараты (лучшие в специальных оболочках). Сбалансированность рационов по аминокислотам контролируют, учитывая их содержание в суточном рационе, или в 1 корм. ед. (в граммах), или в сухом веществе (в процентах), а также в сыром протеине (% от сырого протеина).

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность в протеине и аминокислотах. При организации нормированного кормления животных, кроме общего содержания аминокислот в рационе, необходимо учитывать их возможную биологическую доступность, под которой понимают скорость и полноту отщепления аминокислот от протеина под действием пищеварительных соков и интенсивность их всасывания в кровь. Доступность протеина и аминокислот зависит от переваримости питательных веществ, содержания в кормах инактивирующих веществ (например, ингибиторов трипсина в бобовых), тепловой обработки в процессе заготовки и приготовления к скармливанию, условий хранения. Нагревание сырья как технологический прием применяется при переработке семян масличных, высушивании зеленой массы, рыбной и мясо-костной муки и др. Сильное самонагревание влажной зеленой массы иногда наблюдается при силосовании и сенажировании как следствие плохой трамбовки и герметизации. Все это приводит к образованию неусвояемых, устойчивых к протеолитическим ферментам комплексных соединений аминокислот (особенно лизина) с сахарами. Образование этих соединений часто можно обнаружить по изменению цвета корма, его побурению (реакция Мейларда). Кроме лизина, в реакцию с углеводами вовлекаются метионин, аргинин, гистидин, тирозин и др. Переваримость протеина и доступность аминокислот из кормов (сена, силоса, сенажа и др.), подвергшихся самонагреванию или высокотемпературной сушке (мясная, рыбная мука и др.), существенно снижаются и коррелируют с температурой и продолжительностью этих процессов. Умеренная влаго-тепловая обработка зерна бобовых оказывает положительное влияние на усвояемость протеинов.

Под усвояемостью следует понимать выраженную в процентах степень использования животными аминокислоты от общего ее количества, содержащегося в рационе (или корме), для удовлетворения функциональных и пластических потребностей организма (для синтеза различных белков и других метаболических превращений). Усвояемость зависит от комплектности и скорости поступления аминокислот в места синтеза белковых молекул, от сбалансированности рационов по протеину и аминокислотам, углеводам, минеральным веществам и витаминам, то есть от полноты удовлетворения потребностей животных в питательных веществах и от общего состояния обмена веществ в организме.

Под аминокислотной сбалансированностью понимают соответствие аминокислотного состава рациона потребностям сельскохозяйственных животных. Степень обеспеченности животных аминокислотами (сбалансированность рационов) удобно определять в процентах от потребности (нормы). Устанавливают первую, вторую и последующие лимитирующие аминокислоты и приступают к балансированию рационов, не допуская их недостатка и избытка, так как это может привести к дисбалансу аминокислот и даже токсикозу. Наиболее потенциально токсичными аминокислотами являются триптофан, метионин, серин, пролин, аланин и лизин.

Основным методом балансирования является подбор кормов в рационе с учетом содержания аминокислот и потребностей животных в них. Для этого используют также кормовые препараты синтетических аминокислот. Балансирование рационов и протеина с учетом аминокислотного состава позволяет сократить расход животного

белка на 5—15%, снизить нормы концентрации протеина, повысить эффективность использования протеина и энергии кормов, повысить продуктивность животных и снизить затраты корма на единицу продукции.

Контроль полноценности протеинового и аминокислотного питания. Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного протеинового и аминокислотного питания. При недостаточном поступлении протеина с кормами или его неполноценности по аминокислотам снижается интенсивность роста молодняка и резистентность организма животных, уменьшаются молочная, мясная, шерстная продуктивность скота и яйценоскость птицы. Нарушается нормальное развитие половых клеток, ухудшается их качество, и уменьшается количество, снижается оплодотворяемость. Возможны ослабление или отсутствие течки и бесплодие, а также резорбция оплодотворенных яйцеклеток и плодов, рождение слабого, недоразвитого приплода.

При длительном и значительном избытке протеина, особенно при одновременном недостатке углеводов, у маток и производителей нарушается обмен веществ и уменьшается эффективность использования азота корма; возможны падение оплодотворяемости и бесплодие.

Недостаток в отдельных незаменимых аминокислотах могут испытывать свиньи, птица, молодняк животных разных видов, высокопродуктивные коровы (особенно в первые месяцы лактации) и производители. У молодняка снижается аппетит, задерживается или приостанавливается рост, у взрослых животных отмечаются истощение, снижение продуктивности и ухудшение оплаты корма. Для обеспечения нормальной плодовитости животным необходимы биологически полноценные белки. Отсутствие или недостаток незаменимых аминокислот через нервную и гормональную системы, особенно через гипофиз и надпочечники, отрицательно воздействуют на обмен веществ, здоровье и воспроизводительные функции. Неполноценность протеина по лизину, триптофану или аргинину приводит у животных обоего пола к нарушению воспроизводительных функций. У самок могут развиться дегенеративные изменения в яичниках и нарушения полового цикла, у самцов — дегенеративные изменения и атрофия тестикулов, аспермия, некроз сертолиевых клеток. При недостатке в рационе метионина наблюдается бесплодие вследствие рассасывания зародышей.

Атрофия гипофиза и его гонадотропных клеток, зародышевого эпителия и эндокринной ткани половых желез может наблюдаться при резком недостатке в рационах гистидина, треонина, фенилаланина и метионина. Недостаточное поступление триптофана, приводящее к использованию его тканевых резервов, вызывает нарушение функции яичников и бесплодие у коров (при продолжительном их содержании на рационах с большим количеством пивной дробины). Нередки атрофия яичников и семенников, эмбриональная смертность. К недостатку аргинина в рационах чувствительны производители, особенно молодые, растущие. Например, у хрячков при этом наблюдаются падение скорости роста, общее угнетение, потеря аппетита, исхудание, нарушение сперматогенеза, а также ухудшение оплаты корма.

При недостатке в рационах лизина у животных всех видов уменьшается усвояемость кальция, фосфора, магния и железа, нарушается рост костяка, использование каротина и витамина А,

а у птицы отмечается депигментация оперения. Могут быть извращение вкуса (при недостатке триптофана), анемия (при недостатке лизина, метионина, триптофана, гистидина, фенилаланина), ожирение печени (при недостатке метионина и цистина). При недостатке в рационах метионина, цистина, лизина и триптофана у ягнят, телят и взрослых овец отмечаются потеря блеска, огрубление, сухость и изреживание волосяного покрова (даже облысение и плешивость), ухудшается качество щетины у поросят и пера у птицы. Недостаток в рационе метионина и цистина приводит к развитию мышечной дистрофии. Лизин и метионин в большинстве случаев являются первыми лимитирующими аминокислотами в рационах свиней, птицы и жвачных.

При избытке лизина (150—200% нормы) развиваются интоксикация и депрессия роста, резко увеличивается потребность в аргинине. Избыток метионина в рационах ухудшает использование азота кормов, увеличивается его выделение в моче, в организме снижаются депо жира, наблюдаются дегенеративные изменения в поджелудочной железе, почках, печени, атрофия селезенки и лимфоидной ткани, нарушение обмена и депрессия роста; повышается потребность в аргинине и глицине.

Биохимические критерии обеспеченности животных протеином и аминокислотами. Недостаток протеина в рационах свиней, кур и крупного рогатого скота нередко сопровождается снижением содержания общего белка, альбуминов, альфа- и бета-глобулинов в сыворотке крови.

Избыточное содержание протеина в рационах, например, в пастбищный период приводит к нарушению белкового обмена и увеличению содержания общего белка сыворотки, изменению соотношения белковых фракций. Содержание общего белка, альбуминов и глобулинов в сыворотке зависит также от вида и возраста животных, физиологического состояния, уровня энергии в рационах, их сбалансированности, типа кормления. У жвачных уменьшение или увеличение содержания аммиака (продукта гидролиза белков корма) в рубце сопровождается соответствующими изменениями концентрации мочевины в крови и это дает возможность судить о потреблении белка и энергии с кормами, особенно в летний пастбищный период. На этот показатель влияет введение карбамида в рацион, у свиней повышение концентрации мочевины в крови отмечается при дефиците свободного лизина в плазме крови. Количество протеина, поступающего с кормами, отражается у цыплят на содержании мочевой кислоты в крови (норма 6 мг%).

При использовании белковых кормов, богатых нуклеиновыми кислотами (биомасса одноклеточных дрожжей и бактерий), также может наблюдаться увеличение мочевой кислоты в крови и моче животных и птиц, и поэтому рекомендуется контролировать ее содержание. Для выявления дефицита, доступности и лимитирующих аминокислот рекомендуется определять содержание свободных аминокислот в плазме крови или мышцах (аминограммы) и одновременно контролировать концентрацию мочевины и нуклеиновых кислот.

В последние годы аминограммы служат одним из критериев при определении потребности в аминокислотах и их усвояемости из кормов различного состава и способа приготовления. Кровь берут через 3—5 или 8 ч после кормления из передней полой вены (свиньи), сердца (цыплята), яремной вены (жвачные). Пробы плазмы замораживают при —20° С и хранят до анализа. На содержание свободных аминокислот в плазме крови влияют вид и возраст животных, интенсивность роста и продуктивность, характер кормления (вволю, периодическое кормление), способ подготовки кормов к скармливанию, состав и сбалансированность рационов, обеспеченность углеводами и витаминами группы В, уровень энергетического питания, растворимость и переваримость белков, доступность аминокислот, сбалансированность кормовой дачи по аминокислотам, время взятия крови после кормления, а также вид кровеносного сосуда (откуда берется проба). Увеличение концентрации свободных аминокислот в плазме крови наблюдается при повышении содержания и потребления животными сырого протеина. При дефиците последнего содержание свободных аминокислот обычно снижается и, кроме того, уменьшается отношение свободных незаменимых аминокислот к заменимым.

Недостаток в рационе какой-либо незаменимой аминокислоты снижает синтез белков в организме, а в плазме крови возрастает общее количество свободных аминокислот. При этом повышается интенсивность включения лимитирующей аминокислоты в белки тканей тела, наблюдается быстрое снижение ее уровня в плазме и нарушение соотношения свободных аминокислот плазмы. В плазме крови цыплят, потребляющих корм вволю, первая лимитирующая аминокислота находится постоянно на низком уровне независимо от степени ее дефицитности. Обогащение рационов птицы и свиней дефицитными аминокислотами способствует повышению их уровня в плазме крови. Концентрация других аминокислот может при этом увеличиваться или уменьшаться. Использование кормов (жмыхи, шроты, рыбная и мясная мука, автоклавированные корма) со сниженной скоростью высвобождения аминокислот из-за перегрева в процессе их заготовки или приготовления отражается на уровне свободных аминокислот плазмы (лизина, валина, лейцина, изолейцина и др.). Использование рационов с более высоким содержанием энергии приводит к уменьшению уровня свободных аминокислот в плазме. Увеличение скорости роста поросят или цыплят ведет к снижению содержания свободных аминокислот в их плазме. У лактирующих свиноматок установлено более низкое содержание свободных аминокислот по сравнению с супоросными. Скармливание карбамида жвачным вместо жмыха или шротов влияет на характер аминограмм (чаще всего наблюдается уменьшение общей суммы аминокислот, особенно лизина, метионина, гистидина, и увеличение глицина, валина, глутаминовой кислоты).

Содержание свободных аминокислот в плазме крови отражает их концентрацию в мышцах. На аминограммах выявляются также антагонистические отношения, существующие между отдельными аминокислотами.

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности протеинового питания, источники протеина и критических аминокислот. В целях предупреждения нарушений обмена веществ, сохранения здоровья, увеличения продуктивности и повышения эффективности использования кормов необходимо тщательно балансировать рационы по протеину и аминокислотам в соответствии с требованиями норм кормления.

При необходимости в рационы рекомендуется ввести высокопротеиновые корма растительного (зерно бобовых, жмыхи, шроты, тра-

вяная мука, трава бобовых) или животного происхождения (мясная, мясо-костная, рыбная мука, обрат и др.), а также кормовые дрожжи.

В рационы жвачных можно включать карбамид (лучше в составе АКД), диаммоний-фосфат и другие небелковые азотные соединения в количестве, эквивалентном 15—25% переваримого протеина, при обязательном включении кормов, богатых легкоферментируемыми углеводами и минеральными элементами.

Хорошими источниками незаменимых аминокислот являются корма животного происхождения. Лизином богаты рыбная мука, снятое молоко, мясная и мясо-костная мука, кормовые дрожжи, зерна бобовых, жмыхи и шроты (особенно соевые), трава, травяная мука и сено бобовых. Бедны лизином зерна злаковых, отруби, свекла.

Для балансирования рационов по лизину можно применять его препараты в виде кристаллического *L*-лизина монохлоргидрата (95%) и кормового концентрата лизина. В сухом препарате концентрата содержится в среднем 15% *L*-лизина монохлоргидрата, в жидком — 7—10%. Доступность лизина зависит от степени и продолжительности нагревания корма при его производстве.

Метионином богаты рыбная мука, подсолнечниковые шрот и жмых. В зерне злаковых он содержится на грани минимальной потребности. Относительно беден серосодержащими аминокислотами белок мясо-костной муки и дрожжей. Мало метионина в зерне бобовых и корнеплодах. В рационы свиней и птицы можно вводить синтетический *dl*-метионин (97%), и обязательно контролировать их обеспеченность витаминами B_4, B_{12} и Е.

Рационы жвачных полезно обогащать сульфатом натрия — дополнительным источником серы для микробиального синтеза метионина в рубце. Препараты метионина желательно скармливать жвачным в форме, защищенной от воздействия микроорганизмов.

Триптофаном богаты рыбная, кровяная, мясная и мясо-костная мука, жмыхи, шроты и бедны зерна злаковых, особенно кукуруза, корнеклубнеплоды. Выпускается технический кристаллический *l*-триптофан (70%). При балансировании рационов по триптофану необходим тщательный контроль содержания в них витаминов B_5 и B_6.

Каротин и витамин А (аксерофтол)

Сельскохозяйственные животные нуждаются в поступлении каротиноидов и витамина А с кормами. При их недостатке в рационах снижается молочная, шерстная и мясная продуктивность, яйценоскость, ухудшается качество яиц, замедляется рост молодняка, нарушается обмен веществ и ослабляются защитные функции организма.

Факторы, влияющие на доступность, усвояемость и потребность в витамине А и каротине. Полноценность А-витаминного питания животных зависит от поступления каротина и витамина с кормами, а также от эффективности их усвоения, наличия и величины тканевых запасов. На доступность и усвоение каротина и витамина А из рационов влияют вид, возраст и физиологическое состояние животных, уровень белкового, углеводного, липидного, витаминного питания, обеспеченность фосфором, йодом, кобальтом и др. Снижение усвояемости и резервирования витамина А наблюдается при из-

бытке и недостатке в рационе протеина, недостатке жира, минеральных веществ (фосфора, йода, марганца, кобальта и др.), витаминов Е, D, B_4 и B_{12}, при повышенном содержании в рационах нитратов и др.

Для животных всех видов имеет значение качество протеина, содержание в нем незаменимых аминокислот (метионина, лизина, триптофана и др.), у свиней и птицы, кроме того, количество и качество кормового жира, особенно содержание в нем ненасыщенных жирных кислот. Окисленные жиры комбикормов, кормовой и рыбий жиры с высоким кислотным (жир более 25 мг КОН, комбикорм и зерно более 5°) и перекисным числом (0,06 и более 0,10 г% йода) разрушают каротиноиды и витамин А в кишечнике птицы, приводят к дистрофическим изменениям в печени, эрозиям и язвам мышечного желудка. При этом наблюдается уменьшение запасов витамина А и каротина в печени.

Улучшается доступность каротиноидов и витамина А, повышается депонирование их в тканях при обогащении рационов витамином Е (естественный антиоксидант) и при введении в комбикорма или в травяную муку синтетических антиоксидантов (сантохина, дидунина, дибута и др.). На доступность каротиноидов большое влияние оказывает технология приготовления (консервирования) зеленых кормов на зимний период и их хранение. При нарушении ряда технологических приемов (когда допускается разогревание сырья при заготовке сена, силоса и сенажа) уменьшается общее количество каротиноидов, а доступность их и биологическая ценность для животных значительно снижаются. У жвачных большое влияние на усвоение каротина оказывают легкорастворимые углеводы.

Контроль полноценности А-витаминного питания. Основным методом определения достаточности обеспечения сельскохозяйственных животных каротином и витамином А является анализ кормов на их содержание с последующим расчетом количества каротина и витамина А в рационах и сопоставление полученных данных с потребностью. При анализе рационов необходимо учитывать все вещества, положительно или отрицательно влияющие на доступность и усвоение каротина и витамина А.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного А-витаминного кормления крупного рогатого скота, овец и свиней. Ранними признаками А-витаминной недостаточности у животных всех видов является снижение витамина А в сыворотке крови (у телят до 4—8 мкг %, у взрослого скота до 15—20 мкг %), ухудшение аппетита, огрубление волосяного покрова, общее недоразвитие, истощение, образование на коже (особенно в области шеи, холки и вдоль спины к корню хвоста) слоистых чешуек. В дальнейшем возможны поражение глаз (припухание век, чрезмерное слезотечение, ксерофтальмия, размягчение, помутнение, непрозрачность роговицы и полная слепота от инфекции), а также слизистые или слизисто-гнойные выделения из ноздрей. В зоне роста копытного рога появляется шероховатая полоса истонченного рога без глазури; на роговой стенке и подошве возможны трещины; копытный венчик воспаляется, припухает. Иногда наблюдаются расстройство координации движений, шатающаяся походка с перекрещивающейся постановкой задних ног, конвульсии и параличи.

У маточного поголовья половая активность снижается («тихая охота») или полностью прекращается течка (нарушение созре-

вания яйцеклеток); снижается оплодотворяемость; наблюдаются резорбции зародыша, аборты, рождение мертвого или ослабленного приплода, часто с различными уродствами (отсутствие глазного яблока, заячья губа, задержка формирования глаз), задержание последа. У производителей снижается половая активность и ухудшается качество спермы. У молодняка развиваются поносы, кашель, легочные заболевания.

У свиней отмечаются характерный наклон головы в одну сторону, отеки передних ног. У откармливаемого крупного рогатого скота возможен общий отек кожи и подкожной клетчатки. Молочная, мясная и шерстная продуктивность снижается, качество продукции ухудшается.

Биохимические критерии обеспеченности крупного рогатого скота, свиней, овец и лошадей каротином и витамином А. Критерием обеспеченности животных витамином может служить содержание каротина (крупный рогатый скот, лошади) и витамина А (все виды животных) в сыворотке или плазме крови, а также их концентрации в печени, молозиве и молоке. Содержание каротина в сыворотке крови коров колеблется в зависимости от сезона, поступления его с кормами, доступности. Норма каротина для коров в пастбищный период 0,9—2,8 мг %, в зимний стойловый период 0,4—1 мг %. Содержание каротина в сыворотке 0,2—0,3 мг % и менее тесно коррелирует с истощением его запасов в печени и почти полным отсутствием в кормах рациона. Для лошадей норма каротина несколько ниже — 0,3—0,5 мг % (зима). Содержание каротина в полноценном молозиве коров колеблется от 0,6 до 1,5 мкг/мл, в молоке коров в пастбищный период 0,3—0,7, в зимний — 0,10—0,20 мкг/мл; при дефиците в молозиве 0,3—0,8 мкг/мл.

Данные о содержании витамина А в крови, печени, молозиве и молоке с учетом полноценности рационов приводятся в таблице 5.

Потребность, меры предупреждения неполноценности А-витаминного питания животных и источники каротина и витамина А. Для предупреждения неполноценности А-витаминного питания необходимо сбалансировать рационы по каротину и витамину А в соответствии с потребностью в них животных разных видов. При этом следует учитывать все факторы, положительно и отрицательно влияющие на усвоение каротина и витамина А, а также возможные их запасы в тканевых депо. Например, в рационах лактирующих коров на 1 корм. ед. должно приходиться каротина 30—40 мг, стельных сухостойных — 40—50, кобыл — 20—22, овцематок — 8—15, свиноматок — 6—8 мг.

Каротин содержится в траве, травяной и хвойной муке, сене, силосе, сенаже, моркови и тыкве; витамин А — в молозиве, молоке, рыбьем жире, специальных препаратах и премиксах. Бедны каротином солома, концентрированные корма, свекла, картофель, турнепс. Каротин и витамин А лучше используются из рационов, сбалансированных по протеину, углеводам, фосфору, кобальту, йоду и витаминам D и E и др.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного А-витаминного питания птицы. У взрослой птицы заметно снижается яйценоскость и выводимость яиц, во внутреннем углу глаз появляется творожистый экссудат, окраска ног, клюва, желтка яиц (при недостатке каротина) ослабляется, оперение тускнеет и взъерошивается.

5. Содержание витамина А в сыворотке крови, печени, молозиве и молоке (литературные данные)

Полноценность рациона по каротину и витамину А	Крупный рогатый скот			Свиньи			Овцы		Лошади
	коровы	телята**	молодняк старшего возраста	матки	хряки-производители	отъемыши и откорм	матки	ягнята	
Сыворотка (или плазма) крови, мкг %									
Полноценный	40—150 (лето) 25—80 (зима)	23—88	30—45—60	50—100	20—40	50—150	30—50 (зима) 50 и более (лето)	24—40	11—17
Дефицит частичный	15—20	10—15	13—20	13—30	13—16	20—40	12		9
» длительный	5—8	5—7	до 10	4—10	4—11	4—12			2
Печень, мкг/г сырой ткани									
Полноценный	170—200	17—40	—	15—25 до 100	30—67	40—60 80—150	15—60	60—100	190
Дефицит частичный	60—80			—		11—30		21	6—10
» длительный и пол.	15—30	1,5—3	7	2—4		2—6		0,3—1,3	
Молозиво, мкг/мл									
Полноценный	3—7			1,5—3			5—10		5—6
При дефиците	0,4—1,5			0,4—0,8			2—4		1—1,7
Молоко, мкг/мл									
Полноценный	0,25—0,80			0,4—0,7			0,6—1		0,9—1
При дефиците	0,05—0,15			0,15—0,3			0,4—0,5		0,15—0,2

* У быков-производителей при содержании витамина А в сыворотке 93 мкг% получали сперму хорошего качества, а при 56 мкг% — неудовлетворительную; у хряков в плазме крови содержится 17—30 мкг%.

** У новорожденных телят при полноценном кормлении стельных сухостойных коров в печени содержится витамина А 3—4 мкг/г, на дефицитном рационе — 0,9 мкг/г.

*** В печени новорожденных поросят, полученных от маток, находившихся на рационах, обогащенных препаратами витамина А, может содержаться аксерофтола 14—32 мкг/г, при отсутствии витаминных подкормок — 4—10 мкг/г; в печени хряков — до 40 мкг/г.

У эмбрионов (при инкубации яиц) задерживается рост, наблюдается запоздалое втягивание желтка, увеличивается смертность, развивается заболевание почек с отложением мочекислых солей (при одновременном недостатке в рационах племенных кур витаминов комплекса В и избытке белка).

У молодняка ухудшается аппетит, замедляется рост, наблюдаются общая слабость, истощение, сонливость, затрудненное дыхание, шаткая походка, опухание конъюнктивы, скопление творожистой массы под веками, выделения из носовых отверстий, отложение казеозных масс ороговевшего эпителия во рту, глотке, трахее, иногда в зобу, утолщения в пищеводе, отложения солей в мочеточниках и почечных канальцах; оперение тускнеет и взъерошивается.

Биохимические критерии обеспеченности птицы витамином А. Обеспеченность птицы каротином и витамином А контролируют по их содержанию в сыворотке (плазме) крови, печени, желтке яиц. В норме количество витамина А в сыворотке крови составляет у суточных цыплят 170—310 мкг %, у цыплят старшего возраста 50—90, у пятимесячных молодок 180—260 мкг %. Падение концентрации витамина А до 23—30 мкг % свидетельствует о заметном снижении его запасов в теле, а до 12—15 мкг % и ниже — о резком истощении резервов, об А-авитаминозе. При этом содержание витамина А в печени может упасть до 1—3 мкг/г.

Содержание каротина в сыворотке крови суточных цыплят составляет 520—670 мкг %, индюшат — 300, гусят и цыплят — 400—670 мкг %; у кур, индеек, уток и гусей — 100—300 мкг %.

Запасы витамина А в печени цыплят и кур с возрастом увеличиваются. В норме в печени суточных цыплят может содержаться 15—30 мкг/г, в возрасте 30, 60, 90 и 150 дней — 40—120, 80—200, 100—250 и 110—400 мкг/г соответственно. У кур в возрасте 6—8 мес этот показатель равен 170—400, в 12—17 мес — 450—650 и даже 1300 мкг/г.

У взрослых индеек, уток и гусей содержание витамина А в печени равно 190—420 мкг/г, у суточных индюшат, утят и гусят — 20—50, у месячных индюшат — до 200, у трехмесячных — 400 мкг/г.

Содержание каротина в ткани печени зависит от поступления его с кормом и может колебаться у кур от 2 до 12 мкг/г, у индеек, уток и гусей 2—6, у суточных индюшат, гусят и цыплят 5—20 мкг/г.

В желтке яиц, предназначенных для инкубации, количество витамина А должно быть не менее: 6—8 мкг/г (куры), 7—10 (индейки), 8—12 (утки), 10—13 мкг/г (гуси). Норма каротиноидов в желтке яиц кур и индеек составляет 18—20, гусей и уток — 20—25 мкг/г. Косвенным критерием обеспеченности птицы витамином А может служить содержание мочевой кислоты в сыворотке крови; в норме содержание мочевой кислоты в сыворотке составляет в среднем 2,7 мг %, а при гиповитаминозе А может повышаться до 7—12 мг % (цыплята).

Нормы потребности, меры предупреждения недостаточности и источники витамина А. Для предупреждения А-авитаминоза в рацион птицы при комбинированном типе кормления вводят траву, морковь, травяную муку, проращенное зерно, рыбий жир, зерно желтой кукурузы, комбинированный силос, а при сухом типе кормления — препараты витамина А (микровит А, концентрат витамина А в масле и др.) и травяную муку. Нормы обогащения рациона птицы стабилизированным витамином А в расчете на 100 г сухого корма колеблются от 1000 (племенные куры и цыплята, гуси, утки, гусята,

утята) до 700 ИЕ (несушки и ремонтный молодняк). Племенные индейки и индюшата более требовательны к витамину А, поэтому норма его добавок в полнорационные комбикорма увеличена до 1500 ИЕ на 100 г корма.

Витамин Е

Витамин Е (токоферол) участвует в процессе клеточного дыхания, влияет на состояние клеточных мембран, а также мембран митохондрий и микросом. Предполагают, что витамин Е тесно связан с сульфгидрильными группами ряда ферментов и с метаболизмом гормонов, стимулирует выработку тиреотропного, адренокортикотропного гормонов и гонадотропинов, необходим для синтеза ДНК, участвует в обмене липидов и аминокислот. Большое значение он имеет как жирорастворимый внутриклеточный антиоксидант, участвующий в стабилизации ненасыщенных жирных кислот и предотвращающий образование токсических липопероксидов.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность в витамине Е. Потребность в витамине Е зависит от вида и возраста животных, интенсивности роста и продуктивности, уровня энергетического питания, качества используемых кормов. Так, повышение калорийности рационов птицы, особенно за счет кукурузы, увеличивает потребность в токоферолe. Включение в рационы кормового жира, особенно нестабилизированного антиоксидантами, высокое содержание в кормах ненасыщенных жирных кислот, перекисей или продуктов их окисления, а также недостаток в кормах селена и серосодержащих аминокислот приводят к увеличению потребности в токоферолe.

Ненасыщенные жирные кислоты (особенно линоленовая из кукурузного и сафлорового масла) и насыщенные (капроновая, лауриновая) являются антагонистами токоферолов, способствуют их окислению в желудочно-кишечном тракте и тканях.

К развитию недостаточности витамина Е приводит скармливание прогорклых кормов и зерна, испорченного во время уборки, а у птицы также избыток глицина.

Скармливание животным медленно высушенного относительно влажного сена или зерна вскоре после уборки может привести к заболеваниям, связанным с недостатком витамина Е.

Доступность витамина Е ухудшается при повышенном содержании нитратов в кормах и питьевой воде. Потребность в витамине Е уменьшается при обогащении рационов серосодержащими аминокислотами и витамином С, ингибирующим образование в тканях перекисей и уменьшающим расход витамина Е из тканевых депо. Дефицит токоферолов тормозит синтез витамина С в печени. Витамины А и Е, введенные в рационы в высоких дозах, являются антагонистами, в оптимальных — синергистами.

Усвоение витамина Е и его депонирование в тканях и яйце птицы повышаются при обогащении рационов синтетическими антиоксидантами.

Контроль полноценности Е-витаминного питания. При контроле полноценности рационов по витамину Е необходимо учитывать его содержание в кормах на основании их анализа в лаборатории или пользоваться табличными данными с обязательным учетом качества кормов, времени заготовки и продолжительности хранения и метода подготовки к скармливанию.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного Е-витаминного питания животных. При недостатке витамина Е повреждаются клеточные мембраны, а также кровеносные сосуды, особенно миокарда. Наблюдаются гемолиз эритроцитов, анемия. Сердечная и скелетная мускулатура подвергается дегенеративным изменениям (мышечная дистрофия).

У маток и производителей разных видов при недостатке витамина Е нарушаются функции половых органов, возможна полная потеря репродуктивных способностей (дегенерация семенников); у маток отмечается рассасывание плодов. У молодняка снижается прирост живой массы, при длительном недостатке витамина Е дистрофия мышц.

У свиней недостаточность витамина Е проявляется чаще всего дегенерацией мускулатуры, некрозом печени, геморрагиями, желтокоричневой окраской внутреннего жира, парезом и параличом задних конечностей.

У ягнят и телят наблюдаются потеря аппетита, дистрофия и мышечная слабость (особенно мышц шеи), хромота, парезы и параличи задних конечностей.

Биохимические критерии обеспеченности животных витамином Е. Наиболее чувствительным тестом при контроле полноценности Е-витаминного питания является концентрация токоферолов в сердечной мышце, печени, сыворотке крови и молоке животных. Кроме того, для этих целей можно использовать косвенную реакцию (определение скорости гемолиза эритроцитов под действием гиалуровой кислоты или перекиси водорода).

Данные о содержании токоферолов в сыворотке крови, печени, молозиве и молоке при полноценном и дефицитном по витамину Е кормлении сельскохозяйственных животных приводятся в таблице 6.

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности Е-витаминного питания и источники токоферолов. Норма витамина Е составляет 20—30 мг/кг сухого вещества корма. Потребность в витамине Е увеличивается при недостаточном содержании в рационах селена или цистина и метионина и повышении количества жиров, особенно прогорклых (с высоким перекисным числом), а также нитратов.

Богаты витамином Е молодая трава и травяная мука, сухая хлорелла, пророщенное зерно, зародыш пшеницы и кукурузы. Сравнительно неплохими его источниками служат зерно злаковых, отруби, жмыхи. Бедны им рыбная и мясная мука, горох, соевый шрот, корнеклубнеплоды. Разрушается витамин Е под действием кислорода воздуха и ультрафиолетовых солнечных лучей при заготовке кормов, а также при хранении под влиянием ненасыщенных жирных кислот и перекисей, образующихся в кормах (зерно, дерть, мука, отруби, комбикорм, сено, силос и др.). Для улучшения Е-витаминного питания можно использовать синтетические его препараты в сухой форме (25—50%) или применять масляный концентрат этого витамина.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного Е-витаминного питания птицы. Кормовая и эндогенная (вторичная) недостаточность витамина Е проявляется у птицы в нарушении плодовитости, дистрофических изменениях в гладкой и скелетной мускулатуре и ткани печени, изменениях в сосудистой и нервной системах.

6. Содержание витамина Е в сыворотке крови, печени, молозиве (литературные данные)

Полноценность рационов по витамину Е	Вид животных и возрастная группа						
	коровы	телята	поросята	овцематки	ягнята	кобылы	жеребята
Сыворотка крови, мкг/мл							
Полноценный (на пастбище)	7—14	4—6	2—5	3	1,5—2,5	4—5,3	4—5,5
Полноценный (в зимний стойловый период)	4—5	4—6	2—4	3	1,5—2,5	2—2,8	—
Обогащенный препаратами	—	—	6,5—20				
Дефицитный	2—2,5	0,6—1	1—1,5	1,8	0,6—0,8	—	—
Печень, мкг/г							
Полноценный	4	1,6—2,3	20—50	—	9—40	—	—
Обогащенный препаратами	—	—	58—70	—	—	—	—
Дефицитный	2	0,8	4	—	4	—	—
Молозиво, мкг/г							
Полноценный	3—5	—	—	13	—	—	—
Дефицитный	—	—	—	8	—	—	—
Молоко, мкг/мл							
Полноценный (лето)	1,2—2	—	—	1,6	—	—	—
Дефицитный	0,6	—	—	0,7	—	—	—

Примечание. В сердечной мышце здоровых коров содержание токоферолов 7,5 мкг/г, здоровых телят — 1,9, больных дистрофией — 0,34 мкг/г. Перед отелом и в первые дни после него содержание витамина Е в крови резко снижается, особенно в зимний период. У новорожденных поросят количество витамина Е составляет в плазме крови 2—3,5 мкг/мл, в печени — 24—64 мкг/г; в плазме крови свиноматок — 2,7—6,7, хряков — 5,2—6,6 мкг/мл. В полноценном молозиве — 0,55—0,96 мкг/г.

У племенных кур и индеек снижаются яйценоскость и выводимость молодняка из оплодотворенных яиц. Встречаются мышечная дистрофия и ненормально темная пигментация жировой ткани. Смертность эмбрионов наблюдается в первые 3—4 дня инкубации вследствие кровоизлияний и образования летального кровяного кольца.

У цыплят 3—4-недельного возраста и индюшат могут развиться признаки алиментарной энцефаломаляции из-за дегенеративных изменений в мозжечке (кровоизлияния, отек, некрозы). При этом

наблюдаются прогрессирующая слабость, сонливость, судорожные спазмы тела, шаткость походки, запрокидывание головы, раскачивание тела вперед и назад.

У цыплят могут наблюдаться подергивания конечностей, кружение, внезапное падение. Птица может лежать с вытянутыми ногами и скрюченными пальцами, при этом голова ее вытянута или запрокинута набок (синдром атаксии). В стенке желудка и сердечной мышце обнаруживаются перерождения.

При более медленном течении Е-витаминной недостаточности у цыплят развивается геморрагический диатез или мышечная дистрофия (утята, цыплята). При экссудативном диатезе вследствие повреждения стенок капилляров и повышения их проницаемости образуются подкожные отеки, особенно в области шеи и груди, кровоизлияния, гематомы на голове. Кожа, особенно под крыльями, приобретает земляничный цвет.

При мышечной дистрофии цыплята имеют взъерошенное оперение, наблюдаются нарушения двигательных функций вплоть до паралича, перерождение отдельных групп мышц вплоть до атрофии. Утята, страдающие мышечной дистрофией, сидят на животе с ногами, направленными назад (тюленеобразная поза).

Недостаток селена и особенно сероодержащих аминокислот повышает восприимчивость птицы к мышечной дистрофии. Однако включение селена и антиоксидантов в рационы, бедные витамином Е, не предупреждает и не излечивает мышечную дистрофию.

Биохимические критерии обеспеченности птицы витамином Е. Полноценность кормления и состояние Е-витаминного обмена можно контролировать по содержанию токоферолов в сыворотке крови, печени, ткани мозга и яичном желтке.

Концентрация витамина Е в сыворотке крови составляет в норме у цыплят, ремонтных молодок и кур 7—12 мкг/мл, у бройлеров 7—8, у индюшат 6—17 мкг/мл. При недостаточности рациона по витамину Е его количество в сыворотке может снижаться до 1,3—4 мкг/мл.

Концентрация витамина Е в печени зависит от возраста птицы, содержания его в рационе, периода и интенсивности яйцекладки, от наличия антиоксидантов, норм обогащения рационов витамином А и др.

В печени здоровых суточных цыплят должно содержаться 4—6 мкг/г витамина Е, у одномесячных — 8—10, у двух — пятимесячных — 11—15, у бройлеров — 6—10 мкг/г.

У кур при оптимальной (20—30 мг/кг) обеспеченности витамином Е в печени его содержание может достигать 50—74 мкг/г; при меньшей обеспеченности (5—13 мг/кг) — 20—33 мкг/г. При полном исключении добавок синтетического токоферола из рационов или при избыточном обогащении комбикормов витамином А содержание витамина Е в печени кур может составлять 9—17 мкг/г. В печени индеек в начале яйцекладки установлено более высокое содержание витамина (82 мкг/г), чем в конце (56 мкг/г).

Запасы витамина Е в печени индеек, равные 35—45 мкг/г, следует считать для начала яйцекладки недостаточными, так как это сопровождается снижением содержания токоферолов в крови до 1,3—4,5 мкг/мл, в желтке до 2—8 мкг/г и в сыворотке крови индюшат до 0,3—1 мкг/мл. В печени здоровых индюшат может содержаться витамина Е 40—120 и даже 220 мкг/г, а у птицы с явными признаками недостаточности витамина — только 15—25 мкг/г.

В ткани мозга здоровых цыплят содержится до 50 мкг/г, у больных — до 10 мкг/г токоферолов.

При дефиците витамина Е в рационе количество токоферолов в желтке яиц кур может снижаться до 4—6 мкг/г, у индеек — до 2—12 мкг/г. В желтке яиц от птицы, обеспеченной витамином Е, концентрация его значительно выше: куры и утки — 20—40 (минимум 16, максимум 84), индейки — 28—56, гуси — 55—60 мкг/г.

Косвенным, но наиболее чувствительным критерием обеспеченности витамином Е может служить резистентность эритроцитов к гемолизирующему действию диалуровой кислоты.

При достаточной обеспеченности организма цыплят, кур и бройлеров витамином Е гемолизируется при этой реакции 3—8% эритроцитов; при дефиците витамина устойчивость эритроцитов к гемолизирующему фактору снижается и разрушается в начальной стадии гиповитаминов Е до 10—12%, при клинических признаках энцефаломаляции — до 16, у птицы с хорошо выраженными патологоанатомическими изменениями — 34% и более (данные ВНИИ незаразных болезней).

Нормы потребности, меры предупреждения недостаточности токоферолов и их источники. Потребность витамина Е (на голову в сутки): племенных кур 3—4 мг, кур-несушек 2,5—3,5, племенных индеек и уток 8—10 мг.

Рационы племенной птицы, молодняка в возрасте до 60 дней и бройлеров дополнительно обогащают порошкообразным (25% или 50%-ным) и масляным концентратом витамина Е из расчета 1 мг на 100 г сухого корма.

В рационы племенных индеек и индюшат рекомендуется вводить по 2 мг, уткам, гусям и утятам — по 0,5 мг витамина Е на 100 г корма.

Добавление селена вместе с витамином Е лучше, чем одного токоферола, предупреждает экссудативный диатез, но не может полностью заменить витамин Е при алиментарной энцефаломаляции. Корма, богатые метионином и цистином, ослабляют симптомы Е-авитаминоза, особенно с признаками дистрофии, и понижают потребность в этом витамине.

Для предупреждения недостаточности витамина Е необходимо тщательно контролировать качество используемых кормов и сбалансированность рационов, учитывать все вещества, понижающие и повышающие потребность в токоферолах.

Витамин D, кальций и фосфор

Здоровье сельскохозяйственных животных, их продуктивность и развитие молодняка во многом зависят от обеспеченности кальцием, фосфором и витамином D. Эти вещества необходимы для развития костной и мягких тканей, влияют на состояние нервной системы, участвуют в обмене углеводов, жира, белков и др.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность в кальции, фосфоре и витамине D. Витамин D является незаменимым фактором питания животных. Его физиологическое значение заключается в индуцировании образования кальцийсвязывающего белка и в улучшении всасывания кальция, фосфора, магния, железа, марганца, кобальта, цинка в тонком кишечнике.

Витамин D стимулирует образование костного вещества и отложение кальция, фосфора и магния в костях, улучшает обратное

всасывание (реабсорбцию) фосфатов и аминокислот в почечных канальцах, стимулирует фосфорилирование тиамина и всасывание витамина B_{12}. При недостатке витамина D в рационе у молодняка тормозится развитие полового аппарата, а у коров нарушается половой цикл.

На абсорбцию, резервирование в тканях и потребность в кормовом витамине D влияют количество и регулярность его поступления с кормами, концентрация в тканях, в том числе наличие условий для его синтеза в коже под воздействием ультрафиолетовых лучей. Состояние печени, почек и желчевыводящих путей, уровень липидного питания, качества жира, концентрация нитратов в кормах, содержание в рационе витамина А и антиоксидантов естественных (витамина Е) и синтетических (сантохин, дилудин и др.) влияют на потребность в витамине D. Введение в рационы недоброкачественного жира с повышенным кислотным и перекисным числом приводит к снижению запасов витамина D в тканях и крови.

Потребность в витамине D зависит также от вида, возраста и продуктивности животных, от содержания и соотношения в рационе Ca : P. Наименьшая потребность в витамине D установлена при соотношении Ca : P, равном у животных и молодняка птицы 1,2—1,5 : 1, у кур 2,5—3 : 1.

Различные обменно-активные формы витамина D депонируются в коже, печени, почках, крови, костях, а у птицы также в матке и копчиковой железе.

Передозировка витамина D ускоряет окисление (пероксидацию) липидов в структуре клеточных мембран и ведет к нарушению их функции. При этом наблюдается выведение солей кальция из костей, которые становятся пористыми или мягкими. Соли кальция начинают откладываться в мягких тканях (мышцы сердца и бронхов, стенки сосудов и др.). Отмечаются отставание в росте у молодняка и снижение продуктивности у возрослых животных. Витамины Е и А оказывают смягчающее влияние при D-гипервитаминозе. Однако следует помнить, что избыточная дозировка витамина Е (2200 ИЕ/кг корма) также тормозит минерализацию костей и повышает потребность в витамине D.

На потребность в кальции и фосфоре влияют вид, возраст и продуктивность животных, интенсивность роста у молодняка. Большое влияние на потребность в минеральных веществах оказывают факторы, определяющие их доступность и усвоение: состав рационов, вид используемых кормов и минеральных добавок (источников Ca и P), насыщенность костных и других депо организма этими веществами, абсолютное содержание и соотношение в рационах кальция и фосфора, обеспеченность витамином D, структурными углеводами, уровень протеина и незаменимых аминокислот (лизина, метионина, гистидина, лейцина и др.), а также липидов, содержание в рационе магния, марганца, железа и других элементов, состояние эндокринной системы (паращитовидные и щитовидная железы, надпочечники, поджелудочная железа и др.).

Контроль полноценности фосфорно-кальциевого и D-витаминного питания. Одним из основных методов контроля является анализ рационов сельскохозяйственных животных на содержание кальция, фосфора и витамина D с использованием результатов лабораторного анализа кормов, подкормок или (менее желательно) табличных данных с последующим сопоставлением итоговых данных с нормами потребности.

Некоторые последствия неполноценного кормления по витамину D, кальцию или фосфору. У животных всех видов на ранней стадии недостаточности наблюдаются беспокойство, пугливость, ухудшение аппетита, извращение вкуса. Характерные признаки: облизывание животными друг друга, а также предметов, содержащих известь; животные грызут кормушки, пьют навозную жижу, поедают кал, подстилку и землю. Овцы при этом поедают шерсть. Последняя грубеет, а у молодняка рост ее задерживается. Иногда отмечаются судороги и спазмы жевательных мышц, мускулатуры затылка и задних ног.

У взрослых животных расшатываются зубы, у молодняка задерживаются их появление и смена. Нередки расстройства пищеварения и бронхопневмония. Дыхание учащается.

У маточного поголовья отмечается снижение оплодотворяемости. Возможны отсутствие половых циклов, аборты, задержание последа, рождение мертвого, слабого, часто уродливого приплода (утолщенные суставы, кривые ноги). Наблюдается снижение молочной продуктивности. У свиноматок возможна агалактия.

У коров при минерально-витаминной недостаточности отмечается неправильная постановка конечностей: задние ноги расставлены в стороны или сближены в скакательных суставах, подставлены под туловище или отставлены далеко назад. Движения скованные или некоординированные. В стойле животные переступают с ноги на ногу, нередко бывает перемежающаяся хромота.

У ягнят и телят наблюдаются иксообразная постановка ног, четкообразные утолщения на ребрах. Козы и свиньи иногда двигаются, опираясь на запястья, волочат зад. Часты искривления и вздутия лицевых костей, сужение носовых ходов и выпячивание твердого нёба (затрудненное дыхание и заглатывание корма).

При длительной минерально-витаминной недостаточности у животных опухают суставы, искривляются позвоночник и кости конечностей, отмечаются надломы и переломы костей. В сыворотке крови снижается содержание кальция и фосфора (или одного из них), повышается уровень щелочной фосфатазы, наблюдаются отклонения в содержании других компонентов крови (белка, его фракций, гемоглобина, лимонной кислоты, резервной щелочности).

При избытке кальция ухудшаются переваримость кормов и усвоение питательных веществ; повышается потребность животных в фосфоре, цинке, марганце, меди, железе и кобальте; снижаются приросты живой массы; возможны задержки роста или значительное снижение живой массы.

Биохимические критерии обеспеченности животных витамином D, кальцием и фосфором. При биохимическом методе контроля полноценности минерального и D-витаминного питания исследуют сыворотку (плазму) крови, печень, молозиво или молоко. Содержание кальция, фосфора и витамина D в крови и печени показано в таблице 7.

Кроме того, в этих целях определяют химический состав костей, а также проводят рентгенографические, рентгенофотометрические исследования трубчатых костей (свиньи, овцы и молодняк) или хвостовых позвонков и роговых отростков (коровы). Исследуют также гистологическую структуру костей. В абсолютно сухом обезжиренном веществе трубчатых костей 3-недельных телят в норме содержится (%): золы 56—58, кальция 21—22, фосфора 9—10; у 7—12-месячных телочек — 55—57, 23—28 и 11—12,5% соответственно;

7. Содержание кальция, неорганического фосфора и витамина D в сыворотке крови и печени животных при полноценном и неполноценном кормлении (литературные данные)

Животные	Сыворотка крови						Печень	
	общий кальций, мг%		неорганический фосфор, мг%		витамин D, МЕ/мл		витамин D, МЕ/г	
	в норме	при дефиците кальция или витамина D	в норме	при дефиците фосфора или витамина D	в норме	при дефиците	в норме	при дефиците
Телята	11—12,5	6—9	6—7,5	2,5—4 или 8—9	7—10	1,6—3	9,8	2
						1,3 и ниже		
Коровы	10—12,5	6—9	4,5—6,0	2,5—3,5 или 7—9	4,1—8,7	1,5—2,5	—	—
						1—2		
Поросята	10,5—14,5	5—9,5	5,5—7,7	2,5—4 или 6—9	1,5—5,5	0,3	2,8—6,9	0,09
Свиноматки	10—14	6—9	4—6,5	2—3 или 7—9	3—8	0,3	—	—
Овцы	10—13,5	6—9	4,5—6,0	2—3 или 7—8	0,6—1	0,05—0,3	—	—

Примечания: 1. В сыворотке крови содержание общего фосфора в норме равно 12—18 мг%. Активность щелочной фосфатазы (по Боданскому на 100 мл) у взрослых 1,25 ед., у молодняка 5—20 ед., а при гиповитаминозе D до 30—50 ед.; лимонная кислота в норме 1—4,5 мг%, при гиповитаминозе меньше 1 мг%.

2. У животных были явные клинические признаки D-витаминной недостаточности.

3. В молоке коров при пастбищном содержании количество витамина D выше (20 МЕ/л и более), чем при зимнем стойловом (3—9 МЕ/л) и при облучении (15 МЕ/л).

4. В молозиве коров, пользующихся пастбищем или облучаемых ультрафиолетовым светом или получающих препараты эргокальциферола, витамина содержится больше (70—130 МЕ/л), чем при зимнем стойловом содержании (40 МЕ/л и менее).

у бычков старше года — 62—69, 23—24 и 12—13%; у коров и взрослых овец — 63—67, 24—27 и 12—13,5%; у 4-месячных поросят — 57—59, 22—24 и 9,2—10,2%.

Минеральная и D-витаминная недостаточность сопровождается различной степенью снижения (в зависимости от вида и возраста животных, исследуемой кости, остроты и продолжительности периода неполноценного кормления, насыщенности костного депо) содержания золы (до 52—38%), кальция (до 21—14%) и фосфора (до 11—7%).

На рентгенограммах визуально определяют структуру кости, соотношение коркового слоя к губчатому, зазубренность краев, деформацию кости. При использовании для контроля за состоянием костей рентгенофотометрического метода И. Г. Шарабрина (1953) определяют с помощью эталона плотности и микрофотометра (марок МФ-2, МФ-4 и др.) или оссеометра насыщенность минеральными солями (мг/мм²). Плотность тела 5-го хвостового позвонка коров или роговых отростков в норме составляет 15—21 мг/мм², при минеральной недостаточности слабой степени — 15—10, средней степени — 9—5 и сильной степени — 4—1 мг/мм².

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности и источники витамина D, кальция и фосфора. Проверить рационы по содержанию питательных веществ, в том числе кальция, фосфора, а также по витамину D и по соотношению Ca : P. При необходимости следует сбалансировать их по кальцию, фосфору и витамину D, используя для этого соответствующие источники кальция (или Ca и P) и препараты витаминов D_2 или D_3 (облученные дрожжи, видеин D_3, концентраты витаминов D_2 или D_3 в масле, спирте, водно-жировых эмульсиях, а также рыбий жир). Зимой желательно прибегать к ультрафиолетовому облучению животных, летом — к выпасу.

Минимальная потребность в витамине D 10 МЕ на 1 кг живой массы, оптимальная норма 20—30 МЕ/кг.

В расчете на 1 корм. ед. рациона дойных коров должно приходиться кальция 6—8 г, фосфора 4—5,5 г; стельных сухостойных — 9—10 и 5—6 г соответственно. В сухом веществе рационов в зависимости от продуктивности и фазы лактации на кальций должно приходиться 0,4—0,6%, на фосфор — 0,3—0,55%. В 1 корм. ед. рациона жеребых и подсосных кобыл, свиноматок должно содержаться кальция 6—7,5 г, фосфора 4,5—5,0 г; в рационах суягных и подсосных маток — 4,5—5 и 2,5—3 г соответственно; у рабочих лошадей — 4—5 г.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного по кальцию, фосфору и витамину D кормления птицы. У взрослой птицы снижаются яйценоскость и масса яиц, истончается скорлупа, возрастает бой яиц, снижается их выводимость при инкубации.

Куры при этом теряют способность ходить, подолгу сидят, нахохлившись, на насест взбираются с трудом; перья их взъерошены; походка скованная, ходульная; грудная кость мягкая, изогнутая или вдавленная; клюв мягкий, как резина, легко гнется; кости ног и крыльев часто ломаются; яйцевод часто воспаляется и выпадает.

У эмбрионов кожа становится сильно отечной и утолщенной, особенно в области шеи. Оперение недоразвито, кости конечностей укорочены и утолщены. Иногда наблюдаются жировое перерождение печени и смертность на 10—14-й день инкубации.

У цыплят старше 3-недельного возраста и индюшат наблюдается слабость ног; кости и клюв утолщаются и размягчаются (резиновый клюв); суставы голени увеличиваются; грудная клетка сжимается в продольном направлении, в местах соединения ребер с грудной костью появляются утолщения (четки), ноги не сгибаются, развивается хромота. Молодняк передвигается с опущенными крыльями, часто теряет равновесие. Наблюдается взъерошенность оперения. Зоб иногда вздут, в кале встречается непереваренное зерно.

У птицы всех видов возможен каннибализм — расклев яиц, гребня, заднего прохода, пальцев ног, а также выпавшей клоаки, яйцевода и кишечника; наблюдается выщипывание и поедание пера.

Биохимические критерии полноценности фосфорно-кальциевого и D-витаминного питания птицы. Обеспеченность и использование птицей кальция и фосфора из кормов можно контролировать по содержанию их в сыворотке крови, качеству скорлупы, содержанию золы, кальция и фосфора в костной ткани. Содержание кальция в сыворотке крови кур, гусей, индеек в период покоя и у цыплят в норме составляет 9—12 мг%, у суточных индюшат, гусят, утят — 12—16 мг%. В период яйцекладки количество кальция в сыворотке значительно увеличивается и может колебаться у кур от 17—20 до 25—40 мг%, у индеек, уток и гусей от 20—24 до 36—46 мг%. Количество неорганического фосфора колеблется у кур от 4,8 до 8 мг%, у индеек от 6 до 7,5, у уток и гусей от 4,4 до 7,5 мг%.

Хорошим тестом для оценки полноценности минерального и D-витаминного питания являются показатели активности щелочной фосфатазы сыворотки крови птиц. Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови (реакция с пара-нитрофенолом по методике Бессея и др.) в норме: суточные цыплята — 110 ед/мл, цыплята 10—45-дневного возраста — 230—150, 80-дневные — 80, куры — 34—45 ед/мл. При рахите концентрация щелочной фосфатазы может увеличиваться до 340—500 ед/мл. При измерении по методу Боданского активность щелочной фосфатазы в норме у здоровых цыплят составляет 10—11 ед., у кур — 9 ед. Увеличение активности фермента при одновременном снижении содержания лимонной кислоты (норма 6—8 мг%) указывает на дефицит витамина D в организме.

Используя метод электрофореза, D-витаминную недостаточность можно диагностировать по содержанию кальцийсвязывающего белка в мукозном слое слизистой кишечника.

Критерием обеспеченности птицы минеральными веществами и витамином D могут служить данные о содержании золы, кальция и фосфора в обезжиренном сухом веществе бедренной, большеберцовой или плюсневой костей. Так, в норме в большеберцовых костях суточных цыплят содержится золы 10—12%, кальция 5—6, фосфора 2—3%; у месячных — 16—18, 7—8 и 3,8—4,1%; у трехмесячных — 31—38, 14—16 и 6,5—7,5% соответственно. У взрослых кур, индеек и уток в бедренной, берцовой или плюсневой костях в норме должно содержаться золы 54—62%, кальция 23—28, фосфора 10—12%. При остеопорозе кур и рахите молодняка химический состав костей может существенно изменяться (содержание золы, кальция и фосфора на 20—30% и более меньше нормы).

Толщина и масса скорлупы, ее прочность при давлении, показатели упругой деформации, удельный вес яиц также являются хорошими показателями состояния минерального обмена. Толщина скорлупы куриных яиц, предназначенных для инкубации, должна быть не менее 330—350 нм, индюшиных — 460, утиных — 380, гусиных — 530 нм. Следует отметить, что с возрастом наблюдается некоторое уменьшение толщины скорлупы. Например, у 6—8-месячных кур толщина скорлупы в норме может быть 360—356 нм, у 11—12-месячных — 348—350, а у 18-месячных — 330 нм.

Удельный вес яиц в норме должен быть не менее 1,075—1,085; прочность скорлупы — 4,5—5,2 кг. Показатель упругой деформации яиц в норме 15 мкм. При нарушении минерального и D-витаминного обмена он может повыситься до 25 мкм и более.

Масса скорлупы куриных яиц в норме 9,6—10,6 г, при D-гиповитаминозе 8,2—9,1 г (толщина при этом уменьшается до 230—270 нм).

Для контроля состояния минерального обмена можно использовать рентгенографический и рентгенофотометрический методы, с помощью которых можно установить насыщенность костной ткани минеральными солями. В норме ширина кортикального (компактного) слоя бедренной кости кур яичных линий должна быть не менее 2,5 мм, а его насыщенность кальцием — не менее 6—8 мг/мм². Структурный рисунок губчатого вещества костей на рентгенограмме также дает определенное представление о состоянии их насыщенности кальцием.

Недостаточность D-витаминного питания птицы обычно сопровождается понижением его концентрации в ткани печени, почек, кишечника, в крови и желтке яиц. В плазме крови цыплят, обеспеченных витамином D, содержится 7—9 ИЕ/мл, кур — 10—18; в печени цыплят — 2,1—2,8 ИЕ/г; в желтке куриных яиц — 2—3 ИЕ/г. Снижение его содержания в плазме у цыплят до 3—4, у кур до 7 ИЕ/мл и менее (в желтке до 1 ИЕ/г) говорит о недостаточном обеспечении организма витамином D. При недостатке витамина D увеличивается выделение оксипролина с пометом.

Методы предупреждения недостаточности, источники кальция, фосфора и витамина D. Рекомендуется поддерживать в 100 г воздушно-сухого вещества рациона птицы следующую концентрацию кальция: для кур 2,7—3,1%; индеек и уток 2,5; гусей 1,6; ремонтного молодняка кур яичных и мясных линий 1,1—1,2; бройлеров 1—0,8%; индюшат 1,7—1,5, утят 1,2—1,5, гусят 1,6—2%. Содержание фосфора в рационах должно составлять 0,8% (при этом примерно половина в неорганической форме).

За счет основных кормов (зерно, отходы его переработки и др.) обычно невозможно обеспечить полностью потребность птицы в кальции, фосфоре и витамине D. Поэтому всегда необходимо вводить в рацион минеральные подкормки, препараты витамина D_3, проводить ультрафиолетовое облучение птицы.

Потребность племенных кур в витамине D_3 выше, чем несушек и цыплят. Нормы обогащения рационов витамином D_3 в расчете на 100 г сухого корма колеблются от 100 (куры-несушки, цыплята, ремонтный молодняк) до 150 ИЕ (племенные куры, индейки, утки, гуси, индюшата). При стрессовых ситуациях рекомендуется увеличить количество витамина D_3 в 100 г комбикорма до 200 ИЕ.

Витамин B_2 (рибофлавин)

Рибофлавин при всасывании в кишечнике подвергается фосфорилированию, превращаясь в флавинмононуклеотид и флавинадениннуклеотид. Рибофлавин вступает также в связь с металлами (железо, молибден, медь, цинк, кобальт) и в этих соединениях обладает большой реактивностью. Витамин B_2 в составе ферментов принимает активное участие в тканевом дыхании. Почти все окислительные реакции в клетках осуществляются с участием флавиновых ферментов, в том числе окислительное дезаминирование аминокислот и оксикислот, окисление глюкозы и альдегидов. Флавиновые ферменты необходимы для обмена триптофана, витаминов B_5 и С, жирных кислот. При недостатке витамина B_2 у животных нарушается углеводный обмен, уменьшается образование гликогена в печени, окисление молочной и пировиноградной кислот; нарушается обмен белков и удержание их в организме, так как многие аминокислоты (триптофан, гистидин, фенилаланин, треонин) выводятся с мочой в неизменном виде. Даже при незначительном дефиците витамина B_2 снижается отложение белка, особенно у интенсивно растущих животных. Кроме того, при этом развивается гипохромная анемия, появляются тяжелые нарушения нервной системы, нарушаются зрение, деятельность половых желез и развитие плода.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность в витамине B_2. На удержание рибофлавина в организме влияют количество и биологическая ценность белков, поступающих с кормом. При недостатке белка и низкой его полноценности значительная часть рибофлавина выделяется с мочой в неизменном виде.

Одновременно из организма выводятся витамины B_1 и B_6. Недостаток белкового компонента препятствует образованию связанных форм рибофлавина (флавопротеинов в печени), в форме которых витамин B_2 может накапливаться в организме, подавляется также синтез коферментных форм. Избыток витамина B_2 при низком уровне белка в рационе оказывает токсическое влияние. На использование рибофлавина животными влияет обеспеченность метионином. Повышение калорийности рационов, особенно за счет включения кормового жира, также способствует возникновению рибофлавиновой недостаточности. Потребность в витамине B_2 увеличивается при недостатке полноценного белка в рационах, высокой калорийности, большом содержании никотиновой кислоты, а также при избыточном белковом питании, низких температурах окружающей среды и при применении кокцидиностатиков.

Контроль полноценности B_2-витаминного питания. Одним из основных методов контроля полноценности рибофлавинового питания животных является подсчет его содержания в рационах и сопоставление полученных данных с потребностью. При анализе рационов на содержание витамина B_2 используют табличные данные или фактическое содержание рибофлавина в кормах, установленное в лаборатории. Содержание рибофлавина в рационах с преобладанием зерновых кормов и отходов их переработки обычно не удовлетворяет потребность в нем свиней и птицы. При порче зерна содержание в нем рибофлавина резко снижается. При анализе рационов следует учитывать все факторы, влияющие на потребность животных в витамине B_2.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного по рибофлавину кормления

животных. При неполноценном B_2-витаминном питании у поросят ухудшается и пропадает аппетит, наблюдаются анемия, задержка роста, огрубение и выпадение щетины (иногда она спекается с сальным экссудатом), поражение кожи, припухлость век, выделение секрета из глаз, рвота, язвенный колит, воспаление слизистой оболочки ануса, шаткая походка.

У свиноматок возможны (особенно при 50% нормы витамина B_2) ухудшение и потеря аппетита, анемия, дерматиты, язвенный колит, снижение прироста живой массы в период супоросности, ухудшение показателей оплодотворяемости и плодовитости, эмбриональная смертность на поздних стадиях супоросности.

У молодых, растущих маток возможны преждевременные опоросы (на 4—16 дней раньше срока) или гибель всех поросят в течение первых 48 ч после опороса, рождение мертвых поросят без щетины с увеличенными передними ногами (студнеобразный отек соединительной ткани).

У телят и ягнят, выращиваемых на искусственном молоке без витамина B_2, снижается живая масса; отмечаются слезотечение, воспаление пуповины, взъерошенность волосяного покрова и шерсти, бронхопневмония и дегенеративные изменения в печени и почках.

Биохимические критерии обеспеченности животных рибофлавином. В качестве биохимических критериев полноценности рибофлавинового питания поросят и телят можно использовать данные анализа крови, печени и молока на содержание витамина B_2 (табл. 8).

8. Содержание витамина B_2 в крови и печени
(литературные данные)

Вид животных	Рацион и состояние здоровья животных	B_2 (общий)		
		кровь, мкг%		печень, мкг%
		цельная	сыворотка	
Поросята-отъемыши и на откорме	Рацион смешанный; витамины в норме; поросята здоровые	29—37	41—56	20—34
	Недостаток витамина B_2	21—24	34	10—15
Телята новорожденные	Норма	12—13	—	—
	При заболевании диспепсией	Снижение	—	—
Стельные коровы	Клинически здоровы	4—15,8	—	—
Быки-производители	Общее состояние и сперма хорошие	—	12,8	—

Примечание. Содержание витамина B_2 в молоке 0,7—0,86 мкг/мл, в печени суточных поросят 8,7—11,5 мкг/г.

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности кормления и источники витамина B_2. Потребность хряков и маток в витамине B_2 составляет

3—4 мг, ремонтного молодняка — 2,5—3 мг на 1 кг сухого вещества рациона.

Богаты рибофлавином дрожжи, снятое молоко, молочная сыворотка, трава, травянистая мука, высококачественная рыбная и мясная мука, жмыхи. Бедны им зерно бобовых и злаковых, особенно кукурузы. Содержание рибофлавина намного возрастает при проращивании зерна и дрожжевании мучнистых кормов. Для обогащения рационов витамином B_2 в них включают его синтетические препараты.

Недостаток и избыток протеина в рационе, низкое его качество, избыток жиров, а также концентратные рационы способствуют повышению потребности свиней в витамине B_2 и возникновению B_2-гиповитаминоза.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного B_2-витаминного питания птицы. При недостатке в рационах рибофлавина или неудовлетворительном его усвоении у взрослой птицы снижаются аппетит, яйценоскость и выводимость, повышается смертность зародышей, особенно в середине и конце инкубации.

У зародышей укорачиваются ноги, искривляются пальцы, рост становится карликовым, под подбородком появляется отечность, развитие пуха нарушается (булавовидный пух и курчавость — признаки хондродистрофии), поражаются почки.

У цыплят наблюдается потеря аппетита, появляются поносы, увеличение желчного пузыря, перерождение печени, замедляются рост и оперяемость, развиваются параличи типа кривые пальцы (цыплята передвигаются вначале на пятках со скрюченными внутрь пальцами, хромают), в тяжелых случаях гипертрофия седалищного и плечевого нервов, дегенеративные изменения в мозжечке и коре больших полушарий. У индюшат, кроме того, дерматиты клюва, ног и век; у утят характерная деформация ног, напоминающая перозис.

У цыплят B_2-авитаминоз проявляется чаще всего в 2—10-недельном возрасте.

Биохимические критерии обеспеченности птицы витамином B_2. Критериями обеспеченности птицы рибофлавином являются содержание его в печени, желтке и белке яиц, в плазме или сыворотке крови. При недостатке рибофлавина в рационах или неудовлетворительном его удержании в организме снижается содержание витамина B_2 в печени, крови и яйцах. Это приводит к уменьшению яйценоскости, резкому снижению выводимости, увеличению эмбриональной смертности, ухудшению роста молодняка. При этом количество витамина B_2 в печени может уменьшаться на 40—70%.

Содержание витамина B_2 в печени в норме может колебаться у здоровой птицы от 15 до 22 мкг/г (даже до 36), у суточных цыплят 16—23 (4—6 мкг/г по Масляневой), у цыплят в возрасте от 10 до 120 дней и бройлеров 15—19 мкг/г (до 30—40 мкг/г).

Интенсивная яйцекладка, повышенный или пониженный уровень белка в рационах кур и цыплят приводят к заметному снижению запасов витамина B_2 в печени и уменьшению его концентрации в желтке яиц (до 3 мкг/г).

В желтке яиц, предназначенных для инкубации, должно содержаться рибофлавина не менее: индюшиные и куриные — 4—5 мкг/г, утиные и гусиные — 6 мкг/г. Содержание витамина B_2 в белке яиц должно быть 2—3 мкг/г. При дефиците витамина B_2

в рационе племенной птицы (200 мкг в 100 г корма) наблюдается уменьшение запасов рибофлавина в печени до 11—13 мкг/г. При этом откладываются яйца с пониженным содержанием рибофлавина в желтке (2—3 мкг/г), что сопровождается уменьшенной выводимостью и повышенной смертностью амбрионов и молодняка. Так, симптомы гиповитаминоза B_2 могут появляться у цыплят при содержании рибофлавина в печени 11—15 мкг/г, особенно при 10 мкг/г и менее. Концентрация витамина B_2 в крови более стабильна. Его содержание в цельной крови суточных цыплят составляет 14 мкг%, 5-месячных — 22, у 11—20-месячных кур — 15—16,3 мкг % (в период линьки снижается до 13 мкг%). В сыворотке крови содержится 2,7—5,5 мкг% витамина B_2.

Нормы обогащения рационов витаминами B_2 (в расчете на 100 г сухого корма) составляют для племенных кур, индеек и индюшат 400—500 мкг, для кур-несушек, уток, гусей и цыплят 300, ремонтного молодняка, утят и гусят 200 мкг (в условиях стресса 600 мкг).

Витамин B_3 (пантотеновая кислота)

Физиологическое значение пантотеновой кислоты велико. При участии кофермента А (производного витамина B_3) в организме происходят активирование уксусной кислоты, синтез фосфолипидов и ацетилхолина, стероидных гормонов и мукополисахаридов, окислительный распад и ресинтез жирных кислот, окисление пировиноградной кислоты, образование ацетоновых тел, ацетилирование желчных кислот. Витамин B_3 влияет на состояние нервной системы, воспроизводительную функцию и кожный покров.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность в витамине B_3. В процессах обмена пантотеновая кислота тесно связана с витаминами B_1, B_2, B_6, B_7, B_{12} и фолиевой кислотой. При недостатке тиамина, рибофлавина и фолиевой кислоты в организме снижается содержание витамина B_3.

В практических условиях недостаточность пантотеновой кислоты может возникнуть, если корма подвергаются варке или автоклавированию (пищевые отходы и др.), при поражениях желудочно-кишечного тракта или печени, при использовании рационов с большим количеством кукурузной дерти, а также вследствие недостатка других витаминов группы В. Так, при дефиците витамина B_{12} потребность в пантотеновой кислоте для обеспечения нормальной выводимости возрастает в 1,5 раза. Увеличивается потребность в витамине B_3 и при использовании высококалорийных рационов и содержании животных при низкой температуре окружающей среды.

Антибиотики способствуют абсорбции витамина, подавляя микроорганизмы, потребляющие пантотеновую кислоту. Потребность в пантотеновой кислоте снижается при увеличении уровня протеина в рационах и оптимальном обеспечении животных витамином B_{12}.

Контроль полноценности B_3-витаминного питания. Полноценность рационов по витамину B_3 определяют на основе их анализа. В рационах подсчитывают содержание пантотеновой кислоты с учетом вида и качества кормов, сопоставляют полученные данные с нормой потребности; учитывают также подготовку кормов к скармливанию, обеспеченность белком и другими витаминами группы В. Следует отметить, что микрофлора взрослых жвачных интенсивно синтезирует пантотеновую кислоту и ее выделение с калом и мочой обычно превышает количество, принятое с кормом.

Некоторые последствия недостаточности и несбалансированности рационов свиней по витамину B_3. При неполноценном по витамину B_3 кормлении у свиноматок снижается оплодотворяемость, возможно полное нарушение репродуктивных способностей. Более чувствительны к недостатку в рационах витамина B_3 молодые матки (первоопоросы). При вскрытии молодых супоросных свиней в рогах матки находятся мацерированные эмбрионы. Возможны также аборты и рождение мертвых или нежизнеспособных поросят.

Продолжительный недостаток витамина B_3 в период супоросности и лактации приводит к потере аппетита, анемии, диарее, ректальной геморрагии и нарушению координации движений («гусиная походка»).

У новорожденных поросят, полученных от гиповитаминозных маток (при 10 и особенно 8—6 мк/кг сухого корма), наблюдаются анемия, поносы, ослабление и утрата рефлекса сосания и управления языком, дерматиты; возможны деформации костяка.

У растущих поросят ухудшается аппетит, замедляется рост, наблюдаются слезотечения, темно-коричневый экссудат вокруг глаз, кашель, обильные выделения из носа. Щетина грубеет и выпадает (облысение), особенно в области крестца и вдоль позвоночника. Кожа воспаляется, развиваются язвенный колит с сильными поносами и дегенеративные изменения в печени. Наблюдаются атрофия надпочечников и дегенеративные изменения миелиновой оболочки нервных волокон. Нарушается координация движения и развивается спастическая походка, переходящая в высокий «гусиный шаг».

Биохимические критерии обеспеченности животных пантотеновой кислотой. Наибольшая концентрация витамина B_3 обнаружена в печени. В норме у поросят содержится в печени 25—50 мкг/г витамина B_3, при его дефиците в рационе — 15 мкг/г и менее; в цельной крови — в среднем 0,89 (0,77—1,10) и 0,64 (0,38—0,82) мкг/мл соответственно. В крови коров содержание пантотеновой кислоты равно 0,55, лошадей — 0,21 мкг/мл. Недостаточность пантотеновой кислоты в рационах обычно сопровождается снижением ее концентрации в моче (поросята — в норме 4,1 мг/сутки, при недостатке — 0,50; телята — в норме 11—14 мг/сутки, при недостатке — 0,03—0,1). Молозиво беднее витамином B_3 (свиньи — 0,7, коровы — 1,7—2,2 мг/л, овцы — 2,6 мг/кг), чем молоко (свиньи — 5,4, коровы — 3—5, овцы — 4—6 мг/л).

Исследования показали, что у свиноматок дефицит витамина B_3 сопровождается повышением содержания пировиноградной кислоты в крови (9,7 против 4 мг % в норме). При дефиците витамина B_3 наблюдается уменьшение активности кофермента А в печени и крови животных.

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценного B_3-витаминного питания, источники пантотеновой кислоты. Потребность в витамине B_3 племенных и растущих свиней колеблется от 12 (первая половина супоросности) до 15 мг на 1 кг сухого вещества корма (при откорме минимум 10 мг). Она повышается при добавлении в корм жиров. Животные могут испытывать недостаток в витамине B_3 при заболеваниях желудочно-кишечного тракта и гиповитаминозах С и B_{12}.

Богаты витамином B_3 дрожжи, молодая трава, травяная мука, зерно пшеницы и овса, горох, жмых и шроты, сырой картофель,

молоко и продукты его переработки. Мало витамина в кукурузном зерне, мясо-костной муке, свекле и моркови. Запаривание, варка и автоклавирование кормов приводят к разрушению витамина B_3 и развитию у животных признаков его недостаточности. Для балансирования рационов по витамину B_3 можно вводить его препарат — пантотенат кальция (1 мг *dl*-пантотената кальция равен 0,46 мг пантотеновой кислоты).

Основным источником витамина B_3 для телят, поросят, ягнят и жеребят являются молозиво и молоко, а для взрослых жвачных — биомасса простейших и микроорганизмов содержимого рубца.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного по витамину B_3 кормления птицы. У взрослой птицы внешние признаки недостаточности витамина B_3 отсутствуют, но резко нарушаются показатели воспроизводства: снижаются выводимость яиц при инкубации (даже при субоптимальной недостаточности), отмечается смертность эмбрионов в последние 2—3 дня инкубации или вывод нежизнеспособных цыплят. У выведенных цыплят отмечаются общая слабость, опухание коленных суставов, ухудшение качества пуха. У молодняка (например, у цыплят старше трех недель) задерживается рост, наблюдаются взъерошенность, неровное развитие оперения, выпадение пера на голове, струпья в окружности глаз, в углах клюва, заднего прохода. Эпидермис ног краснеет, трескается, на ногах появляются язвочки и ороговения, на пальцах образуются корочки. Отмечаются поражения печени, селезенки, кишечника и дегенеративные изменения миелиновой оболочки спинного мозга и атрофия надпочечников.

Биохимические критерии обеспеченности птицы витамином B_3. При недостаточном поступлении пантотеновой кислоты с кормами наблюдается значительное снижение ее содержания в печени, почках, спинном мозге, а также в желтке яиц. В норме содержится в целом яйце витамина B_3 8—10 мкг/г, при дефиците — 1—3 мкг/г; в желтке яиц кур, получавших достаточное количество пантотеновой кислоты, ее содержание колеблется от 42 до 70 мкг/г. В яичном белке пантотеновой кислоты мало (3—4 мкг/г).

В плазме крови кур количество пантотеновой кислоты в норме составляет 0,45—0,50, при недостатке — 0,25 мкг/мл.

Нормы потребности и меры предупреждения недостаточности пантотеновой кислоты у птицы. Норма витамина B_3, принятая для всех видов птицы, 10 мг/кг корма. Более требовательны к содержанию витамина B_3 племенные куры, а также индейки, утки и гуси в период яйцекладки.

Норму пантотеновой кислоты можно уменьшить на 20—30%, если обеспечить птицу достаточным количеством витамина B_{12}. В промышленном птицеводстве полнорационные комбикорма обогащают пантотенатом кальция.

В комбикорма (в расчете на 100 г) для индеек и племенных кур рекомендуется вводить по 2 мг пантотеновой кислоты, для индюшат и цыплят — 1,5 мг; для кур-несушек, уток, гусей, гусят, утят и ремонтного молодняка разных видов — по 1 мг.

Витамин B_{12} (кобаламин)

Витамин B_{12} является незаменимым фактором для роста и воспроизводства животных. Он входит в состав ферментов B_{12}-метил-

трансферазы и B_{12}-метилмалонил-КоА-мутазы, участвующих в обмене аминокислот, жиров и углеводов. Влияет на использование пропионовой кислоты и ее превращение в глюкозу в реакциях глюконеогенеза.

При недостатке кобаламина печень животных вследствие снижения метилтрансферазной активности теряет способность к ресинтезу метионина из гомоцистеина как за счет переметилирования из бетаина, так и за счет вновь синтезируемых метильных групп. Ряд аминокислот после их дезаминирования, а также пропионовая кислота превращаются в метилмалоновую кислоту, которая после изомеризации включается во внутриклеточный цикл обмена трикарбоновых кислот. При недостатке витамина B_{12} понижается метилмалонилмутазная активность тканей, в них накапливается метилмалоновая кислота и существенно увеличивается выделение последней с мочой животных и в помете птицы. При этом развивается токсикоз и наблюдается торможение роста. Поэтому при высоком уровне протеина в рационе симптомы недостаточности витамина B_{12} проявляются резче.

Витамин B_{12} стимулирует образование активной формы фолиевой кислоты и таким путем влияет на кроветворение. Он взаимосвязан с обменом витаминов B_2, B_3 и B_4, улучшает использование и депонирование в печени каротина и витамина А, оказывает липотропное и метионинсберегающее действие, способствует повышению биологической ценности растительных белков, дефицитных по метионину, снимает также неблагоприятное действие на организм избытка синтетического метионина. Кобаламин благоприятно влияет на функции ЦНС. В присутствии витамина B_{12} улучшается биосинтез некоторых аминокислот и ускоряется их включение в белковую молекулу. Поэтому при недостатке кобаламина в крови животных увеличивается содержание свободных аминокислот, небелкового азота, мочевины, а в плазме (сыворотке) снижается уровень общего белка.

Источниками витамина B_{12} являются корма животного происхождения, продукты микробиального синтеза, кормовые антибиотики, ПАБК и кормовой концентрат метанового брожения (в 1 г концентрата должно содержаться не менее 100 мкг витамина).

Значение витамина B_{12} в животноводстве связано с его свойствами повышать эффективность использования белков растительного происхождения, ускорять рост молодых животных (поросят, цыплят, индюшат и др.), улучшать воспроизводительные функции маток, повышать резистентность организма и уменьшать затраты дорогостоящих и дефицитных кормов животного происхождения.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность в витамине B_{12}. Всасывание витамина B_{12} зависит от кислотности желудочного сока, синтеза особого внутреннего фактора, образующего с кобаламином макромолекулу, устойчивую к микрофлоре и ферментативному гидролизу. В кишечнике к этой макромолекуле присоединяются ионы кальция, и далее в слизистой кишечника происходит высвобождение витамина из макромолекулы и переход его в кровь (в комплексе с альфа- и бета-глобулинами).

В связи с вышеизложенным доступность витамина B_{12} зависит от состояния слизистой оболочки желудка, образования соляной кислоты и внутреннего фактора. Всасывание витамина B_{12} в кишечнике улучшается при достаточном содержании в организме животных витаминов D, а в кишечнике ионов кальция и магния. На потребность в витамине B_{12} влияют возраст и продуктивность животных, физиологическое состояние, состав рациона, содержание кобальта и условия, имеющиеся для его микробного синтеза в рубце жвачных и в кишечнике моногастричных животных. Огромное влияние на потребность в кобаламине оказывают количество и биологическая ценность белков. Потребность увеличивается при содержании животных на рационах, не сбалансированных по аминокислотам, при повышенном поступлении валина, дефиците и избытке метионина, при повышенном образовании ЛЖК, особенно пропионовой кислоты (жвачные), при скармливании антибактериальных веществ (сульфаниламиды). Скармливание витамина B_{12} птице и поросятам вместе с антибиотиками способствует его депонированию.

Возрастает потребность в кобаламине при стрессовых условиях содержания животных. У жвачных синтез витамина B_{12} понижается при введении в рацион измельченного грубого корма (травяная мука) вместо сена.

Методы контроля полноценности кормления по витамину B_{12}. Полноценность кормления определяют, используя метод анализа рациона, при котором учитываются содержание его в кормах и все факторы, влияющие на усвоение и потребность в нем животных.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного по витамину B_{12} кормления животных. При недостаточности витамина B_{12} наблюдаются следующие общие признаки: анемия, плохой аппетит, снижение мясной и молочной продуктивности, общее истощение, ухудшение использования кормов.

У поросят замедляется рост, истончается и грубеет щетина, развиваются дерматиты, пропадает голос, отмечаются боли в задней части тела и параличи, повышенная возбудимость, дискоординация движений, склонность к переваливанию с боку на бок (катание на спине). У свинок и хрячков запаздывает половая зрелость. У новорожденных поросят отмечаются низкая живая масса, исчезновение сосательного рефлекса, несогласованные движения, конвульсии со смертельным исходом.

У свиноматок (в зависимости от степени и продолжительности витаминной недостаточности) утрачивается воспроизводительная способность или снижаются оплодотворяемость и плодовитость. Возможны преждевременные опоросы (на 4—16 дней раньше срока) или рождение в срок мертвых поросят. Сокращаются пометы, рождается мелкий и маложизнеспособный приплод. Снижается молочность. Молодые матки не способны выкармливать потомство. Отмечаются болезненность задней части тела и сверхвозбудимость.

Биохимические критерии обеспеченности животных витамином B_{12}. Объективными критериями полноценности B_{12}-витаминного питания являются данные о его депонировании в печени, почках, мышечной ткани, содержание кобаламина в цельной крови или сыворотке, молозиве и молоке (табл. 9). Косвенным показателем обеспеченности животных витамином B_{12} является концентрация метилмалоновой кислоты в моче.

Нормы потребности и меры предупреждения неполноценного B_{12}-витаминного питания. Потребность свиней в витамине B_{12} зависит от условий содержания (сменяемости подстилки, доступа к почве и др.), запасов витамина в организме, состава и питательности рациона: уровня и качества протеина, обеспеченности другими витаминами группы В и кобальтом. При содержании свиней на выпасах потребность в кобаламине мень-

9. Содержание витамина B_{12} в крови и печени (литературные данные)

Полноценность рационов по кобальту или витамину B_{12}	Крупный рогатый скот		Свиньи		Овцы		Лошади	
	коровы	телята и молодняк старшего возраста	матки	поросята	матки	ягнята	кобылы	жеребята
			Кровь цельная, мкг/л					
Полноценный	1,2—1,6	0,9	—	—	2,3—4,3	0,6—0,9	2,1—4,4	2,1—2,8
Дефицитный	0,25—0,7	—	—	—	0,5—0,7	0,03—0,11	—	0,6—1,2
			Сыворотка крови, мкг/л					
Полноценный	0,34—0,53	0,5—0,6	0,31—0,46	0,39—1,0—3,3				
		0,09		0,22—0,80				
Дефицитный	0,12—0,16	0,3 и 0,04	0,16 и менее	0,03—0,14	До 3	1—3	2,5—6,7	—
	0,05—0,08				—	0,3—0,2	—	—
			Печень, мкг/г					
Полноценный	300—800	170—360		140—400	200—800	1200	—	—
Дефицитный	—	—	—	64—93	100 и менее	55	—	—
				20—30				
			Молозиво, мкг/кг					
Полноценный	14—49	—	3,2	—	19—23	—	—	—
Дефицитный	В среднем 4,3 (1—10)	—	0,5	—	5	—	—	—
			Молоко, мкг/кг					
Полноценный	4—11	—	1—2,7	—	5—13	—	2—3,3	—
Дефицитный	0,7—3	—	0,3	—	1,4—3,3	—	0,02—0,4	—

Примечание. Концентрация витамина B_{12} в печени коров увеличивается с течением стельности, а в крови, наоборот, перед отелом уменьшается и увеличивается на второй фазе лактации. При добавлении в дефицитные рационы солей кобальта содержание витамина B_{12} в сыворотке крови может увеличиваться в 3—6 раз и более.

ше и его добавка в этих условиях малоэффективна. Норма добавки витамина B_{12} в расчете на 1 кг сухого вещества кормов 20—25 мкг, для поросят-сосунов до 30 мкг.

Проявление недостаточности и несбалансированности по витамину B_{12} рационов птицы. У кур и индеек уменьшается яйценоскость, ухудшается качество яиц, снижается выводимость при инкубации, повышается смертность зародышей (особенно на 16—18-й день инкубации) с явлениями перозиса, миопатии и геморрагии.

У зародышей атрофируются мышцы ног (при нормальной длине), в мышцах и связках скелета, особенно в пяточном суставе, происходят кровоизлияния, наблюдается ожирение печени, стенки пищеварительного тракта утончаются.

У цыплят замедляется рост, снижается выживаемость, ухудшается оперяемость, развивается перозис; иногда наблюдается воспаление слизистой оболочки мышечного желудка, при остром дефиците высокая смертность.

Биохимические критерии обеспеченности витамином B_{12}. Критерием обеспеченности птицы витамином B_{12} может служить его концентрация в печени, сыворотке (плазме) крови, желтке яиц, а также содержание метилмалоновой кислоты в помете.

При содержании птицы на рационах, обогащенных витамином B_{12} за счет его препаратов или кормов животного происхождения, а также при содержании на глубокой подстилке концентрация витамина B_{12} в печени кур и уток равна 205—325 мкг/кг, цыплят — 170—440, гусят — 290—620 мкг/кг. При этом содержание кобаламина в плазме крови составляет 2—3 мкг/л, в желтке куриных яиц — 15—25 мкг/кг.

Недостаточное поступление витамина B_{12} сопровождается снижением его содержания в печени: кур до 80—120 мкг/кг и менее, цыплят до 50—150; в крови до 1,5 мкг/л, в желтке яиц до 2—6 мкг/кг. При этом резко возрастает количество метилмалоновой кислоты, выделяемое с пометом.

Потребность и меры предупреждения недостаточного B_{12}-витаминного кормления. Для предупреждения неполноценного B_{12}-витаминного питания птицы необходимо сбалансировать рационы по кобаламину и всем факторам кормления, влияющим на его потребность, синтез в кишечнике и усвоение. Норма обогащения рационов витамином B_{12} 2,5 мкг на 100 г сухого корма. При содержании на несменяемой подстилке потребность птицы восполняется частично за счет витамина B_{12}, синтезируемого в подстилке микроорганизмами, и капрофагии.

Калий, натрий, хлор

Значение и факторы, влияющие на использование и потребность в калии, натрии и хлоре. Калий — основной катион внутриклеточной среды. Он влияет на поддержание осмотического давления в клетках, на обмен воды и углеводов, баланс электролитов, активирует ряд ферментов внутриклеточного метаболизма, оказывает воздействие на тонус гладких мышц и стенок артериальных сосудов, способствует поддержанию в преджелудках жвачных определенной буферности и влажности содержимого, влияет на величину химуса в кишечнике, имеет непосредственное отношение к процессам синте-

за белка и играет большую роль в поддержании уровня аммиака, выделяемого из организма животных. Усвояемость калия высокая, его переваримость у коров равна 79—96%. Выделяется он в основном с мочой.

В регуляции обмена калия принимают участие гормоны надпочечников альдостерон и дезоксикортикостерон. Секреция альдостерона стимулируется лишь при одновременном снижении уровня натрия и повышении калия в плазме крови. Наряду с минералкортикоидами на распределение калия и натрия влияют половые гормоны. Альдостерон коры надпочечников приводит к усиленному обратному всасыванию натрия в почках, что способствует выделению избыточных количеств калия и поддержанию постоянного соотношения натрия и калия во внеклеточных жидкостях организма. Из-за высокого содержания калия в ряде кормов может нарушаться отношение калий : натрий (норма 5—10 : 1 и ниже); отношение 20—30 : 1 допустимо только при достаточном обеспечении животных натрием.

Натрий и хлор взаимосвязаны в процессе обмена веществ и поступают в организм в основном в виде хлористого натрия. Содержание хлора в кормах растительного и особенно животного происхождения вполне удовлетворяет потребности в нем животных. Концентрация хлора в зерновых кормах несколько меньше, чем в вегетативной массе растений. Выделяется хлор с калом, мочой и потом. Обеспеченность животных хлором (в составе NaCl) влияет на образование соляной кислоты в железах желудка и переваривание белков корма; ионы хлора участвуют в поддержании осмотического давления и кислотно-щелочного равновесия, активируют ферменты.

Натрий необходим для поддержания осмотического давления внеклеточных жидкостей и кислотно-щелочного равновесия, является важным компонентом буферных систем, влияет на способность белковых коллоидов к набуханию и на процессы нервно-мышечной возбудимости. Ионы натрия необходимы для жизнедеятельности рубцовой микрофлоры и создания определенной буферной среды в преджелудках и вместе с калием способствуют переносу жирных кислот через эпителий рубца. Обмен натрия (и калия) в организме контролируется эндокринной системой (надпочечники, гипоталамус). Соли натрия легко всасываются в желудочно-кишечном тракте. Видимая абсорбция натрия составляет у животных 85—90%, хлора — 95—96% от принятого с кормом.

Установлено, что симптомы недостаточности у животных хлористого натрия обусловлены в основном дефицитом натрия и устраняются добавлением различных растворимых солей натрия. Потребность в калии, натрии и хлоре зависит от вида, возраста, продуктивности животных и состава рациона.

Контроль полноценности рационов. Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного кормления по калию и натрию. Дефицит калия в рационах сельскохозяйственных животных наблюдается очень редко (высококонцентратные рационы или концентратно-соломенные), обеспеченность организма калием уменьшается при диареях.

Длительное избыточное поступление калия с кормами приводит к обеднению организма натрием, магнием, марганцем, йодом (и даже калием) и отрицательно сказывается на воспроизводительных функциях животных. При этом наблюдаются расстройство кровообращения, воспалительные явления в слизистых оболочках, образование

кист и узелков в яичниках и снижение их функциональной активности, нарушение половых циклов (у коров), снижение оплодотворяемости и плодовитости.

Недостаточное и избыточное поступление натрия в рационах сельскохозяйственных животных отражается на их здоровье и продуктивности.

При недостаточном поступлении натрия у животных всех видов ухудшается и извращается аппетит, развивается лизуха, они приобретают понурый вид, у них наблюдается взъерошивание и огрубление шерстного (волосяного) покрова, потускнение глаз. Использование питательных веществ корма, особенно протеина, ухудшается, удои, жирность молока, а также приросты живой массы и яйценоскость снижаются.

Вторичная недостаточность натрия у животных может развиться при избытке калия в рационах вследствие избыточного выведения натрия с мочой. Кормовая и вторичная недостаточность натрия может привести к нарушениям воспроизводства (нерегулярная охота, бесплодие) у крупного рогатого скота, овец и свиней.

Избыток хлористого натрия в рационе, особенно свиней и птицы, может вызвать отравление, проявляющееся сильной жаждой, частым мочеиспусканием, жидким калом, отеками, рвотой, цианозом слизистых, нарушением дыхания. Возможен летальный исход.

Биохимические критерии обеспеченности животных натрием и калием. В сыворотке крови коров, овец, свиней и лошадей в норме содержится калия 19—22 мг%, натрия 320—335 мг%. В плазме крови крупного рогатого скота, овец и свиней содержание калия равно 16—20 мг%, кур — 19—23 мг%; натрия — 320—350 и 350—380 мг% соответственно; в цельной крови коров и овец — калия 47—57 мг%, натрия 220—280 мг%; лошадей — 200 мг%.

В молоке коров количество калия в норме колеблется от 1,2 до 2,4 г/л, натрия — 0,36—0,63 г/л; в пигментированном волосе крупного рогатого скота количество натрия равно 400—500 мкг/г.

В целях ранней диагностики недостаточной обеспеченности коров натрием (особенно при пастьбе на долголетних культурных пастбищах) рекомендуется определять содержание натрия и калия в слюне методом пламенной фотометрии (табл. 10).

Нормы потребности и источники натрия. Рекомендуется поддерживать в сухом веществе рационов концентрацию натрия, равную у крупного рогатого скота 0,9—1,5 г/кг, у овец 0,4—1,5 г/кг. Для предупреждения недостаточности рекомендуется добав-

10. Концентрация натрия и калия в слюне коров

В слюне коров, мг%		Степень обеспеченности натрием
натрия	калия	
>300	<50	Потребность удовлетворяется
200—300	50—150	Небольшая недостаточность, которая не отражается на продуктивности
100—200	100—250	Недостаточность натрия сопровождается снижением удоя
<100	>250	Снижаются удои молока и его жирность

лять в рационы хлористый натрий в расчете на 1 корм. ед.: крупный рогатый скот — 6—8 г (летом до 10), овцы — 7—10, свиньи — 4—5 г (птице 0,3—0,4% от массы комбикорма).

Корма растительного происхождения содержат мало натрия и не обеспечивают потребность в нем животных.

Недостаток натрия в кормах может быть восполнен дополнительным введением в рационы поваренной соли (в соответствии с рекомендуемыми нормами), а также динатрийфосфата и двууглекислой соды.

Основными источниками калия, натрия и хлора являются зеленые корма, сено, силос, сенаж. Меньше их содержится в зерне и отходах его переработки.

Магний

Магний является внутриклеточным катионом. Он содержится в митохондриях клеток и участвует в процессе межуточного обмена как специфический активатор или кофактор ряда ферментных систем. Ион магния участвует в усвоении и обмене энергии, углеводов, жиров, биосинтезе белков, образовании мочевины и информационной РНК, расщеплении и переносе фосфатных групп, влияет на состояние неспецифического иммунитета, возбудимость нервных окончаний, мышечное сокращение и на процессы кальцификации скелета. Магний резервируется в костях (до 2 г/кг) и мягких тканях (0,2 г/кг).

При недостатке магния животные могут использовать от 30 до 70% его запасов из скелета. С возрастом костный магний становится менее лабильным (до 2—10%), и его резервы у взрослого скота истощаются значительно быстрее. В эндокринной регуляции обмена магния принимают участие паратгормон, тироксин и альдостерон.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность в магнии. Усвоение магния из рационов колеблется у жвачных от 5 до 40%, у свиней 40—50 и у взрослой птицы 5—10%. К снижению доступности и усвояемости магния приводит у животных повышенное содержание в рационах протеина и калия. Ухудшение всасывания магния в желудочно-кишечном тракте и увеличение его выделения с калом и мочой приводят к резкому снижению содержания неорганического магния в сыворотке крови и развитию у коров острой формы пастбищной тетании. Это заболевание чаще наблюдается у коров, которые поедают сочную молодую траву пастбищ, обильно удобренных азотом и калием. Снижение усвояемости магния при высокой концентрации аммиака в содержимом рубца является следствием сдвига pH в рубце в щелочную сторону (pH 6 и выше) и образования нерастворимого соединения — фосфата магния-аммония (снижается содержание ультрафильтрующегося магния).

Доступность и абсорбция магния ухудшаются при избытке жира, ионов сульфата и фосфата, фитиновой и щавелевой кислот, кальция, крахмала, высокомолекулярных жирных кислот, а также при недостатке натрия. Усвояемость магния, его удержание в организме повышаются при введении в рационы витамина D, достаточном содержании сахаров и клетчатки.

Контроль полноценности магниевого питания. Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного магниевого питания животных. При кормовой и вторичной магниевой недостаточности развиваются хроническая и острая формы гипомагнеземии.

Острая форма (травяная или лактационная тетания) наблюдается чаще у полновозрастных коров и овец и развивается внезапно вследствие резкого снижения усвоения магния. Для нее характерны низкий уровень неорганического магния (1,2 мг% и менее) и во многих случаях пониженное содержание общего кальция в сыворотке крови (8 мг% и менее).

У заболевших животных наблюдается потеря аппетита, походка становится шаткой, коровы теряют равновесие, ложатся на землю, опустив голову или держа ее вверх. Каждый шум вызывает судорожное вздрагивание век, мышц головы и плеч; возможны конвульсии, во время которых животные часто погибают.

Возможны также обильные слюноотделение, скрежетание зубами, частый пульс слабого наполнения. Провоцирующими факторами заболевания являются: резкий переход со стойлового на пастбищное содержание, когда в рационе уменьшается количество сухого вещества, повышение содержания растворимых легкогидролизуемых белков и амидов и возрастание количества калия, расширение отношения калий : натрий (норма 5—10 : 1) и калия к сумме кальция и магния (норма 1—1,3), климатические стрессы (похолодание).

У телят и поросят также могут быть тетанические судороги. Они наблюдаются при длительном выпаивании их молоком без включения в рацион концентратов и объемистых кормов, богатых магнием. Продолжительная недостаточность магния у свиней и крупного рогатого скота приводит к хроническим процессам, проявляющимся истощением, хромотой, усилением отложения кальция в мышечных волокнах сердца, кровеносных сосудах, селезенке, диафрагме, печени, почках и мышцах. Развиваются дегенеративные изменения в желтых эластичных волокнах кровеносных сосудов и почках, повышается теплопродукция. Хроническая форма гипомагнеземии чаще наблюдается при зимнем стойловом содержании. При этом возможно снижение содержания магния в сыворотке крови до 0,5—1,5 мг%. Высокая молочная продуктивность, отрицательный баланс энергии (новотельные коровы) увеличивают потребность в магнии и предрасполагают к возникновению его недостаточности. С возрастом усвоение магния понижается и соответственно увеличивается потребность в нем.

Дефицит магния в рационах кур сопровождается гипомагнеземией, снижением яйценоскости, выводимости и содержания магния в яйцах.

Биохимические критерии обеспеченности магнием. Концентрация магния в сыворотке крови достаточно точно отражает колебания в обеспеченности и доступности магния. Содержание неорганического магния в сыворотке крупного рогатого скота колеблется в норме от 3,6 до 2,2 мг%, при гипомагнеземии — 1,7—1,1, при острой форме гипомагнеземии (тетании) — 1—0,5 мг% и менее; у свиней в норме 2,2—2,9 (до 3,7—4,1), у лошадей 2,8, у овец 2—2,5 мг%. В цельной крови количество неорганического магния у коров составляет 2,1—3 мг%, в молоке общего магния 80—130 мг/л. В сухом обезжиренном веществе костей животных в норме содержится 0,5—0,8% магния, при его дефиците в рационе — 0,2—0,4%.

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности магниевого питания, источники магния. Потребность в магнии зависит от вида, возраста и продуктивности животных, а также от содержания в рационе и растворимости протеина, углеводов, калия, кальция, фосфора, марганца.

Оптимальное содержание магния в сухом веществе рационов коров, свиней и птицы 2—3 г/кг.

Есть данные, что коровам с суточной продуктивностью 5—10 кг молока и молодняку достаточно 1,5 г/кг сухого вещества, овцам — 1—1,3, птице — 0,5—1,2 г/кг. Содержание магния в траве понижается по мере ее роста и созревания, а его усвоение, наоборот, повышается.

Богаты магнием отруби, жмыхи и шроты, доломитовые известняки; бедны корнеклубнеплоды, молоко и корма животного происхождения. В хозяйствах, где отмечаются случаи пастбищной тетании у коров, рекомендуется в первые 4—5 недель пастбищного содержания и при смене участков давать магниевую подкормку в количестве 25—35 г на голову (в сернокислом магнии содержится 10% этого элемента, в углекислом — 23—25%, в окиси магния — 60 %).

В переходный период от стойлового к пастбищному содержанию коров и молодняк необходимо подкармливать сеном, сенажом, силосом или соломой с патокой.

Марганец

Марганец влияет на активность многих гидролитических и окислительно-восстановительных ферментов. Он активирует аргиназу, некоторые дипептидазы, фосфатазы, карбоксилазу и др. Марганец оказывает влияние на железы внутренней секреции, в том числе на образование в гипофизе гонадотропных и лактикотропного гормонов, на синтез определенных половых гормонов, усиливает действие гормонов передней доли гипофиза, влияющего на функцию яичников и состояние молочной железы, уменьшает гипогликемический эффект инсулина и гипергликемический эффект адреналина. В обмене веществ с ионами марганца связаны холин, инозитол, тиамин, фолиевая и аскорбиновая кислоты. Поступление марганца с кормами и его концентрация в тканях животных оказывают влияние на биосинтез аскорбиновой кислоты и на потребность в витамине B_1. Добавление солей марганца в рационы, недостаточные по этому элементу, уменьшает выделение тиамина, аскорбиновой и пировиноградной кислот с мочой.

Марганец играет заметную роль в белковом, углеводном, липидном и минеральном обмене животных. Он, подобно холину, повышает интенсивность утилизации жиров в организме, противодействует чрезмерному жироотделению в печени, улучшает использование глюкозы, усиливает синтез гликогена, интенсивность обмена белка, выделение с мочой общего азота и мочевины. Марганец необходим для биосинтеза нуклеиновых кислот. Он повышает интенсивность включения аминокислот в рибосомы, аминосахаров в мукополисахариды, а также влияет на соединение последних с белками и образование органической основы костей. Марганец накапливается в костях, печени, вилочковой железе, гипофизе, яичниках, а в период беременности в матке.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность животных в марганце. Элемент всасывается в тонком кишечнике в количестве 2—20% от принятого с кормом. Выделяется в основном с калом, поступая в химус с желчью, соком поджелудочной железы, а также через стенку толстого кишечника. На доступность марганца отрицательно влияет повышенное содержание в кормах и кишечном

химусе калия, кальция, фосфора и железа. Углекислые и фосфорнокислые соли этих элементов образуют с марганцем нерастворимые соединения. Повышенные нормы поваренной соли увеличивают у цыплят потребность в марганце. Избыток марганца в рационе ухудшает использование кальция, фосфора, железа и йода, повышая их выделение с калом. Добавление в рационы солей марганца способствует отложению меди и хлоридов в тканях, и, наоборот, введение меди повышает задержку марганца в организме.

При обогащении рационов животных витамином D или их инсоляции улучшается усвояемость и депонирование марганца в тканях. Исследования ряда авторов показали, что использование марганца коровами улучшается при достаточном (соответствующем нормам) содержании в рационах сухого вещества, клетчатки, жира, цинка, меди и ухудшается при высоком уровне крахмала и сахаров, водо- и солерастворимых фракций протеина, магния, кальция, железа, калия и частично фосфора.

Контроль полноценности марганцевого питания. Для контроля полноценности и сбалансированности рационов по марганцу рекомендуется определять фактическое содержание его в кормах. При пользовании таблицами для получения более точных данных о содержании марганца необходимо учитывать зональные особенности, вид корма и растений, фазу вегетации, условия произрастания (особенно тип и реакцию почвы), а также вносимые удобрения. Кислая реакция способствует переводу марганца в растворимое состояние и повышает его концентрацию в растениях. Известкование почвы и внесение щелочных азотистых удобрений уменьшают кислотность почвы и количество подвижного марганца. При одностороннем внесении азотистых и калийных удобрений снижается поступление марганца в растения. Его дефицит наблюдается при величине pH почвенного раствора 6—6,5. На содержание марганца влияет аэрация почвы. Дефицит марганца в растениях возможен также в зонах с почвами из лесса, глинистого железняка и красных песчаных глин, болотистых мергелей, торфяников, ракушечных известняков. При анализе подсчитывают содержание марганца в кормах рациона и определяют обеспеченность этим элементом, сопоставляя полученные данные с потребностью. Кроме того, анализируют состояние здоровья животных, обращая особое внимание на воспроизводительные функции, проводят ряд биохимических исследований, используя критерии, характеризующие полноценность марганцевого питания.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного кормления по марганцу. У крупного рогатого скота и свиней при неполноценном марганцевом питании, вызванном недостаточным его поступлением с кормами (у жвачных 15—25—30 мг/кг сухого вещества, у свиней 5—12 мг/кг), или неудовлетворительных доступности и усвоении у коров и свиноматок нарушаются воспроизводительные функции (нерегулярный эструс, тихая охота, перегулы на фоне нормальной овуляции). У коров снижается оплодотворяемость, возможны рассасывание плодов и аборты в первые месяцы беременности; у свиней уменьшение размеров помета. Молочная продуктивность, а часто и жирность молока снижаются. У молодняка нарушаются половое созревание и оссификация скелета, замедляется рост, отмечается укорочение и слабость ног, иногда хромота и несгибаемость в суставах, а также повышенное жироотложение (чаще у поросят); у телят возможны щелканье языком и параличи. У производителей бесплодие, отсутствие половой

активности, ухудшение качества спермы, возможна дегенерация семенников. Кроме того, наблюдается смещение в соотношении полов у новорожденных, например, в сторону увеличения количества самцов (1 : 1,3—2). Считают, что это обусловлено снижением выделения слизи в половых путях и уменьшением подвижности сперматозоидов.

У взрослой птицы кормовая или вторичная недостаточность марганца вызывает снижение яйценоскости и прочности скорлупы, уменьшение выводимости.

Эмбрионы, развившиеся из яиц с низкой концентрацией марганца (2,5 вместо 7—20 мкг в целом яйце), имеют попугаеобразный, загнутый вниз клюв, короткие ноги, большую голову, отвислый живот, искривленные большие берцовые кости.

У цыплят от кур, получавших в 1 кг рациона 6,3 мг марганца, сразу после вывода наблюдается запрокидывание головы на спину или подворачивание ее под туловище. При содержании 7—10 мг марганца в 1 кг рациона индеек и кур цыплята и индюшата не могут встать на ноги, передвигаются порывисто на суставах, помогая себе крыльями (голеноплюсневые суставы одной или обеих ног нередко опухают). В последующем ахиллово сухожилие соскальзывает с мыщелков («скользящее сухожилие»). Встречаются хромота и неправильная постановка ног, возможны укорочение, утолщение и искривление длинных костей ног и крыльев (признаки перозиса).

Биохимические критерии обеспеченности животных марганцем. Обеспеченность животных марганцем контролируют по его содержанию в крови, печени, костях и покровном пигментированном волосе (у свиней в щетине), в молоке, у птицы в желтке яиц или яичной массе.

Концентрация марганца в печени и крови животных, а также в молоке изменяется только при длительной и значительной недостаточности марганцевого питания. У животных быстрее всего снижается содержание этого элемента в яичниках (в норме у коров — 2—2,2 мкг/г, при недостатке — 0,6—0,9 мкг/г), костях (норма для кур 6—8, цыплят 2—3, для крупного рогатого скота и коз 6—16 мкг/г; при дефиците марганца — соответственно 1—2,5; 0,6—0,8 и 3—6 мкг/г сухой обезжиренной кости), а также в пигментированном покровном волосе жвачных и щетине свиней. У коров, получавших рационы с достаточным количеством элемента (50—100 мг/кг сухого вещества), содержание марганца в сухом обезжиренном волосе колеблется от 8 до 30 мкг/г (чаще 15—20), при меньшем количестве (20—40 мг/кг) — 4—6 и даже 2 мкг/г. Уменьшение содержания марганца в волосе до 6 мкг/г и менее почти всегда коррелирует с ухудшением показателей воспроизводства. Содержание марганца в цельной крови коров в норме колеблется от 15 до 50 мкг% (при дефиците 2—9 мкг%), у телят 10—25, овец 8—10, свиней 10—12, кур — 8—10 мкг % (при дефиците у овец, свиней и кур — 2—4 мкг %).

В сыворотке крови концентрация марганца составляет у коров 23—48, в плазме крови поросят 15—20, у супоросных маток 8—17, подсосных 2—6 мкг%. В сырой ткани печени в норме содержание марганца колеблется у скота от 2 до 5 мкг/г, у поросят 2—3, у птицы 2—9 мкг/г. При дефиците марганца его концентрация снижается до 0,3—1 мкг/г. В молоке коров количество марганца в норме составляет 50—130 мкг/л; при недостаточном поступлении элемента с кормами — 8—40 мкг/л. В желтке куриных яиц содержание марганца в норме равно 1,5—2 мкг/г.

Дефицит марганца (особенно с явлениями перозиса) сопровождается также уменьшением фосфатазной активности крови, костей, печени и других органов, предшествующей появлению клинических симптомов.

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности рационов и источники марганца. Потребность крупного рогатого скота и овец в марганце в расчете на 1 кг сухого вещества рациона колеблется от 40 до 60 мг. При повышении в рационах содержания кальция, а у жвачных, кроме того калия, она увеличивается до 80 мг и более. У свиней этот показатель равен 50—55 мг.

Недостаточность марганца возможна при содержании свиней на зерновых или зерново-корнеплодных рационах, у коров при концентратном типе кормления (эндогенная форма недостаточности).

Богаты марганцем зеленая масса и мука из луговых трав, хвойная мука, зерно овса и пшеницы, отруби пшеничные, жмыхи. Бедны марганцем молоко, мясная, мясо-костная и рыбная мука, зерно и зеленая масса кукурузы, картофель, брюква. Для подкормок используют углекислый и сернокислый марганец. Суточная норма соли сернокислого марганца для коров может составлять 2—3 г (иногда можно использовать томасшлак, в котором содержится до 4—5% марганца и 7—9% фосфора).

Норма марганца в рационах птицы колеблется от 40 до 60 мг на 1 кг сухого корма. Для удовлетворения потребности птицы в марганце ее рационы обогащают солями элемента из расчета 100—200 мг соли на 1 кг комбикорма (примерно 25—40 мг элемента).

Избыток в рационе кальция и фосфора способствует развитию у кур марганцевой недостаточности, у цыплят перозиса. При этом потребность птицы в марганце повышается примерно в 1,5—2 раза. Имеет значение и обеспеченность птицы витаминами B_1, холином и инозитолом. При солнечном облучении и получении с кормом витамина D потребность в марганце снижается.

Медь

Медь необходима животным для нормального течения многих физиологических процессов: кроветворения, пигментации и кератинизации шерсти, остеогенеза, формирования миэлина, воспроизводительной функции и др. Ионы меди влияют на течение жирового, углеводного, белкового и минерального обмена. При недостаточности меди нарушается биосинтез фосфолипидов и фосфатидов в печени и белом веществе головного и спинного мозга и повышается содержание нейтральных глицеридов. Дефицит меди приводит к снижению интенсивности перехода прокератина в кератин и ослаблению роста шерсти. Обеспеченность животных медью оказывает влияние на защитные силы организма.

Многие медьсодержащие белки обладают ферментативной функцией и играют важную роль, главным образом в окислительно-восстановительных процессах. Например, цитохромоксидаза (белок, содержащий 0,09% меди) катализирует завершающий этап тканевого дыхания — окисление восстановленного цитохрома С кислородом воздуха. Полифенолоксидаза катализирует образование меланина из *L*-тирозина. Пигментированные шерсть, волос и перья содержат больше меди, чем непигментированные.

Существует ряд ферментов, активируемых ионами меди, но не образующих с ней прочных соединений. К их числу относятся йодиназа тирозина (способствующая образованию дийодтирозина — предшественника гормонов щитовидной железы), сульфидоксидаза (окисляющая сероводород, образующийся в организме, до тиосульфата) и некоторые другие.

Основная часть меди в плазме находится в соединении с альфа-глобулином, образуя церулоплазмин. Этот белок, содержащий 0,34% меди, способен окислять большое количество субстратов: адреналин, серотонин, аскорбиновую кислоту и др. Есть данные, показывающие, что церулоплазмин является ферроксидазой — ферментом, окисляющим двухвалентное железо в трехвалентное и способствующим включению этого иона в трансферрин и далее в гемоглобин и эритроциты. При недостатке меди эритроциты не превращаются в зрелые формы, эритропоэз доходит лишь до стадии ретикулоцитов, развивается анемия.

Поступление меди из плазмы в ткани представляет собой активный процесс, зависящий от присутствия в плазме отдельных фракций прямой меди (хелатные комплексы металла с альбуминами, бета-глобулинами и аминокислотами). Фракции подвижной меди плазмы и эритроцитов находятся между собой в состоянии динамического равновесия.

Ионы меди влияют на использование азота, кальция, фосфора, железа и йода из кормов, на биосинтез витамина С и на содержание витаминов А, B_2, B_5 и B_{12} в органах и тканях животных. Предполагают, что пантотеновая кислота принимает участие в обмене меди.

Исследованиями ряда авторов установлено, что ионы меди стимулируют гонадотропную функцию гипофиза, усиливают действие гонадотропных гормонов, способствуют поддержанию их активности в крови животных.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность животных в меди. Всасывание меди у животных происходит на всем протяжении тонкого кишечника. Установлено, что колебание pH в пределах 6—7,5 не влияет на интенсивность абсорбции меди. Основным путем выведения меди из организма является желудочно-кишечный тракт. В небольших количествах этот элемент выделяется с мочой.

Бóльшая часть меди, поступившей с кормом, не всасывается, а выводится с калом, куда попадает и эндогенная медь, выделяемая с желчью. Усвояемость меди колеблется у взрослой птицы в среднем от 9 до 18% (от 1 до 50%), у молодняка 14—28, у крупного рогатого скота и овец 3—30, у свиней 20—40%.

Усвоение, обмен и использование меди тесно связаны с поступлением и обменом других макро- и микроэлементов (калий, кальций, стронций, железо, марганец, йод, цинк, свинец, серебро, молибден, кадмий, сера), а также многих органических соединений (белков, аминокислот, витаминов). Доступность и усвоение меди зависят от содержания ее в рационе, характера соединений, состава рациона, а также от вида животных, их возраста и уровня продуктивности. Крупный рогатый скот, овцы и птица значительно лучше усваивают медь из неорганических солей (60—90%), чем из кормов.

Существует физиологический антагонизм между медью, с одной стороны, молибденом и серой, с другой. С увеличением содержания молибдена в рационе животных понижается усвоение меди, вследствие образования труднодоступного для всасывания медно-молибденового комплекса. Кроме того, молибден усиливает выделение меди с желчью, уменьшает запасы меди в печени. Отрицательное влияние молибдена на усвоение меди усиливается при увеличении поступления серы с кормами. При повышении содержания серы и соответственно сульфатов в кормах, рубцовом или кишечном химусе уменьшается всасывание (доступность) меди в кишечнике, и при этом может значительно снижаться ее концентрация в крови и печени.

В рубце жвачных под влиянием микроорганизмов может происходить восстановление серы и сульфатов корма в сероводород (H_2S) и образование нерастворимой, недоступной для организма сернистой меди (CuS). Избыток молибдена в рационе усиливает активность ксантиноксидазы и ряда микробиологических процессов в рубце, ведущих к образованию сульфидов. Кроме того, при недостатке меди и избытке молибдена угнетается активность особого фермента печени — сульфидоксидазы, участвующего в обезвреживании сульфидов путем окисления их в сульфаты и тиосульфаты.

Высокое содержание в кормах и некоторых биогеохимических зонах цинка, кадмия, серебра и свинца также увеличивает выделение меди с калом и приводит к проявлению симптомов медной недостаточности. Так, кадмий и серебро вытесняют медь из ее соединений с одним из белков в двенадцатиперстной кишке и ухудшают ее всасывание. Повышенное содержание кадмия в почках коррелирует с низкой концентрацией меди в печени и анемией. Карбонаты кальция понижают кислотность в сычуге и верхних отделах кишечника, ограничивают доступность и повышают потребность животных в меди.

При возрастании содержания кальция в сухом веществе рациона на 0,1% отложение меди в организме из 1 кг корма понижается в среднем на 1,6 мг. Поэтому при содержании кальция 10—11 г в 1 кг сухого вещества (вместо 5—7 г/кг по норме) потребность в меди возрастает почти вдвое. Подкормка коров солями кобальта также увеличивала выведение меди из организма. Использование меди понижают аскорбиновая кислота и фитаты, содержащиеся в кормах.

Из органических компонентов корма большое влияние на использование меди оказывают белки, их состав и содержание в рационах. Установлено, что высокий уровень сырого протеина (18—22% и более вместо 14—16%) тормозит накопление меди в печени и способствует более быстрому наступлению медной недостаточности у овец, крупного рогатого скота, свиней и птицы. Обильное использование азотистых удобрений и навозной жижи (много аммиака и сероводорода) и скармливание травы с высоким содержанием легкорастворимых форм протеина могут привести к дефициту меди в организме животных. В то же время ухудшение белкового питания способствует наступлению гемолитического кризиса при хроническом отравлении овец и свиней медью.

Контроль обеспеченности животных медью. Кормовая и эндогенная недостаточность меди приводит к тяжелым расстройствам обмена веществ, заболеваниям животных, снижению продуктивности, ухудшению качества продукции, особенно шерсти.

У животных, страдающих от гипо- или акупроза, значительно уменьшается эффективность использования питательных веществ корма, угнетаются воспроизводительные способности, задерживается прирост живой массы.

У животных разных видов имеются специфические особенности в проявлениях медной недостаточности. Так, у овец замедляется рост и ухудшается качество шерсти: она взъерошивается, теряет извитость (войлочная шерсть), развивается анемия. У ягнят отмечаются слабость, нарушение координации движений, судорожное подергивание головой и ногами, качание задней части туловища, дрожь (энзоотическая атаксия). Иногда они волочат задние ноги, время от времени садятся по-собачьи. Возможны паралич задних конечностей и отход молодняка. У овцематок может быть нарушение воспроизводительных функций.

У крупного рогатого скота ухудшается аппетит, снижается прирост живой массы; отмечается общее недоразвитие, извращение вкуса (лизуха), анемия. Волосяной покров обесцвечивается, особенно вокруг глаз (поседение шерсти); волосы становятся жесткими, свисают клочьями, тускнеют; иногда наблюдается паралич задних конечностей. Отмечаются упорные перемежающиеся поносы. У коров часто наступает временное бесплодие вследствие подавления эструса и снижения оплодотворяемости. Число повторных осеменений увеличивается.

Увеличение случаев бесплодия у крупного рогатого скота наблюдается часто в летний период при выпасе на молодой траве, особенно при содержании меди в корме 5 мг/кг сухого вещества корма и менее. При этом количество меди в крови понижается до 30—60 мкг%. Возможно увеличение случаев задержания последа и даже резорбции плодов (при 2 мг меди в 1 кг сухого вещества рациона). Молочная продуктивность при этом снижается. У быков бесплодие развивается вследствие перерождения зародышевого эпителия. В некоторых зонах у крупного рогатого скота встречается алиментарная остеодистрофия, обусловленная как недостатком фосфора, так и нарушением обмена меди.

У поросят при недостатке меди в рационах (особенно в возрасте 2—6 недель) отмечаются анемия, бледность кожи, снижение содержания гемоглобина в крови, тяжелое затрудненное дыхание. В острых случаях наблюдаются ослабление скакательных суставов (животное вынуждено находиться в сидячем положении), слабость запястья, скрюченность передних конечностей и подгибание задних ног.

У свиноматок при недостатке меди отмечаются отсутствие течки (без видимых изменений в половых органах), рождение мертвых и слабых поросят. Недостаточность меди часто сопровождается у поросят, особенно у сосунов и при раннем отъеме, дефицитом железа. Основной признак дефицита — анемия (бледность кожи и слизистых оболочек, снижение содержания гемоглобина и эритроцитов в крови, извращение аппетита, поносы). Рост поросят замедляется.

У птицы случаев спонтанного заболевания гипокупрозом не установлено. Однако возможно возникновение вторичной недостаточности меди при неправильном балансировании рационов по протеину, кальцию, фосфору и некоторым микроэлементам. При этом у взрослой птицы могут быть падение активности ряда ферментов, анемия, эритропения, ухудшение пигментации перьев, у цыплят — слабое развитие костных трабекул, образование тонкого кортикального слоя, деформация конечностей, поражение стенок аорты и кровоизлияния.

Биохимические критерии обеспеченности медью. Для выяснения обеспеченности животных медью определяют ее содержание в крови, печени, молоке, пигментированном волосе, желтке яиц и мозге. Есть данные, что самым надежным показателем обеспеченности животных медью является содержание ее в ткани мозга. Концентрация менее 7 мг/кг указывает на дефицит меди.

Хорошим показателем полноценности рационов по меди является содержание элемента в печени. Данные о содержании меди в крови, молоке, печени и желтке яиц приведены в таблице 11.

Выделяют несколько типов обмена меди у животных. К одному из них относятся овцы, в печени которых может накапливаться большое количество меди даже при нормальном ее содержании в корме. Избыток меди выделяется овцами с трудом, и может развиваться отравление (медный токсикоз, иктерогемоглобинурия, некроз клеток печени и др.).

У крупного рогатого скота по сравнению с овцами поступление меди в организм и ее накопление регулируются лучше. В печени уток депонируется много меди, но избыток ее, поступающий с кормом, может быстро выделяться из организма.

Свиньи и куры имеют низкий уровень меди в печени и способны сохранять его при умеренном избытке поступления меди с кормом.

Следует отметить, что у овец и крупного рогатого скота медь равномерно распределяется между эритроцитами и плазмой (норма 80—120 до 150—170 мкг%). Снижение концентрации меди до 50—60 мкг% и менее у большинства обследованных животных свидетельствует о дефиците меди, что может в ряде случаев сопровождаться клиническими симптомами, характерными для недостаточности меди. При этом у всех животных можно предполагать скрытую форму недостаточности. Уменьшение концентрации меди в крови животных до 10 мкг% говорит об острой форме недостаточности и обычно сопровождается выраженными клиническими симптомами.

Считают, однако, что концентрация меди в крови является менее удовлетворительным показателем обеспеченности животных этим элементом, чем ее содержание в печени. Это объясняется тем, что снижение содержания меди в крови отмечается лишь на поздних стадиях заболевания, когда животные не в состоянии поддерживать ее уровень за счет резервов печени. Поэтому по показателям крови нельзя диагностировать ранние стадии истощения запасов меди в организме.

Количество меди в крови овец подвержено бо́льшим колебаниям, чем у крупного рогатого скота; установлены породные различия в содержании меди в крови. Есть данные, что гипокупроз, как правило, сопровождается снижением активности цероплазмина в сыворотке и плазме крови и это коррелирует с уменьшением содержания меди в крови и печени.

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности снабжения медью, источники меди. Для предупреждения развития недостаточности меди необходимо балансировать в рационах ее содержание в соответствии с нормами.

В 1 кг сухого вещества рациона для крупного рогатого скота и овец должно содержаться 5—10 мг меди, рациона для свиней — 8—11 мг, для птицы — до 3—6 мг. Потребность животных в меди и ее усвоение зависят от содержания в рационах протеина, кальция, молибдена, свинца, сульфатов и других элементов.

При недостатке меди в кормах рациона используют сульфат ме-

11. Содержание меди в крови, печени и молоке (литературные данные)

Полноценность и сбалансированность рационов по меди	Крупный рогатый скот		Овцы		Свиньи	Птица		
	коровы	молодняк	матки	ягнята		куры	цыплята	утки и утята
			Кровь цельная, мкг%					
Полноценный	80—120	80—120	50—100	40—50	120—240	50—70	—	
	до 150		до 130					—
Неполноценный (наблюдается заболевание)	20—60	30—40	17—40	20—30	30—80	10—20		
			Сыворотка и плазма крови, мкг%					
Полноценный	80—120	80—120	90—115	70	70—215	20—37	—	—
			Печень (сырая ткань), мкг/г					
Полноценный	50—130	20—60	70—170	40—170	40—60	3—6	3—4	15—60
						(до 9)	(до 9)	(до 170)
Неполноценный (наблюдается заболевание)	3—17	0,7—11	3—15	1—3	3—9	1—2	1—2	—
			Молоко, мкг/л				*Желток, мкг/г*	
Полноценный	120—200	—	200—400	—	200—600	3—12	—	—
	(до 400)		(до 640)					
Неполноценный	10—30	—	—	—	—	<1,8	—	—

Примечания: 1. В пигментированном покровном волосе коров содержится 10 мкг/г меди и более. При субнормальном введении меди количество ее в волосе снижается до 5—8 мкг/г.
2. Концентрация меди в шерсти овец равна 5 мкг/г.
3. При избыточном поступлении меди ее содержание в печени овец, больных интерогемоглобинурией, составляет 300—500 мкг/г, в крови — до 140 мкг%.
4. Содержание меди в печени утят с возрастом увеличивается.
5. У самок в конце беременности наблюдается повышение уровня меди в крови.

ди (около 25% чистой меди). Для предупреждения отравлений овец в таких случаях делают перерывы в подкормках солями меди.

Содержание меди в растениях зависит от почвы. Медью богаты трава и сено, полученные с черноземов и красноземов, а также отруби, жмыхи и шроты. Бедны медью зерно кукурузы и корма, полученные с опесчаненных, дерново-подзолистых, торфяных и болотистых почв. Содержание меди в растениях с таких почв может снижаться до 1—3 мг/кг сухого вещества. Следует отметить, что бобовые и разнотравье богаче медью, чем злаки. С вегетацией содержание меди в растениях уменьшается.

Если в рационах для свиней, кроме меди, не хватает железа, то следует принять меры к удовлетворению потребности животных в этом элементе, используя соответствующие препараты железа (сернокислое железо, ферроглюкин, ферродекстран, глицерофосфат железа и др.). Следует отметить, что потребность в железе у животных разных видов и возрастов колеблется от 40 до 70 мг в расчете на 1 кг сухого вещества рациона. Усвоение железа организмом ухудшается при повышении содержания в рационе фосфатов и углекислого кальция и улучшается при сбалансировании рационов по витаминам D и C. Влияние железа на синтез гемоглобина связано также с обеспеченностью животных медью, кобальтом, витамином B_{12}, фолиевой кислотой и некоторыми другими.

Кобальт

Значение кобальта для организма животных обусловлено главным образом его присутствием в молекуле витамина B_{12}. Подкормка животных солями кобальта усиливает синтез этого витамина, его отложение в тканях и выделение с продукцией.

В тканях животных кобальт связан с протеином. Примерно половина всего кобальта в печени приходится на витамин B_{12}. При недостаточном поступлении этого элемента с кормом почти весь кобальт может быть в форме витамина B_{12}.

Действие кобальта на обменные процессы не исчерпываются его участием в синтезе витамина B_{12} и ферментов, содержащих кобаламин. Предполагают наличие в организме других активных комплексных соединений, содержащих кобальт. Имеются данные и о влиянии кобальта на активность ряда ферментов (аргиназы, щелочной фосфатазы, дезоксирибонуклеазы и др.). Для гемопоэза необходим не только витамин B_{12}, но и кобальт в ионной форме.

Обогащение рационов овец солями кобальта усиливало секрецию и протеолитическую активность желчного и панкреатического соков. Причиной возникновения различных неспецифических симптомов дефицита кобальта, кроме недостатка витамина B_{12}, является уменьшение в рубце жвачных численности и видового состава бактерий и инфузорий, понижение количества доступного белка и энергии вследствие ослабления бактериального переваривания кормов. Снижается эффективность использования азота кормов овцами и крупным рогатым скотом, уменьшается продуктивность, жирность молока и прирост живой массы у молодняка, ослабляются воспроизводительные функции. Недостаток кобальта может быть одной из причин кетозов у высокопродуктивных коров.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность в кобальте. Всасывается кобальт у жвачных в тонком отделе кишеч-

ника, а выделяется в основном с калом и частично с мочой. У животных с однокамерным желудком через почки выделяется значительно больше кобальта, чем у жвачных.

Усвоение кобальта изменяется в зависимости от вида и возраста животных, типа кормления, набора кормов в рационе и количества поступающего с кормом элемента.

У крупного рогатого скота усвояемость (видимая переваримость) кобальта колеблется от 7 до 75% (в среднем 30), у моногастричных животных — от 3 до 40% от принятого с кормом. Чаще всего удержание кобальта составляет у птицы 3—7%, у свиней 5—10, у лошадей 12—15% от принятого.

Доступность и усвоение кобальта у коров улучшаются при оптимальном содержании в рационе сырой клетчатки, крахмала, магния, марганца и кобальта. На усвояемость кобальта влияет обеспеченность животных витамином D. При его недостатке эффективность использования кобальта снижается. У птицы усвоение кобальта уменьшается при пониженном содержании протеина в рационах (14—15%) и несбалансированности их по аминокислотам.

Доступность и усвояемость кобальта ухудшаются при повышении содержания в рационах железа, кальция, фосфора, цинка (у жвачных) и при увеличении уровня протеина, особенно его легкорастворимых фракций, и калия. Высокой доступностью отличаются хлористые, углекислые и сернокислые соли кобальта.

Контроль полноценности кобальтового питания. При контроле полноценности кобальтового питания необходимо исследовать корма на его содержание, проанализировать состав рационов, сопоставляя наличие в них кобальта с потребностью. Можно использовать табличные данные, отражающие зональные особенности в содержании кобальта в кормах хозяйства, а также вид, кислотность почвы, вносимые удобрения.

Кобальтом богаты черноземы. Понижено содержание кобальта в подзолистых, песчаных, кислых торфянистых, выщелоченных лесных, засоленных почвах и сероземах. Известкование, нейтральные и щелочные почвы препятствуют использованию растениями кобальта, а внесение в почву суперфосфата, наоборот, способствует его усвоению. Бобовые содержат больше кобальта, чем злаки. С вегетацией содержание в растениях кобальта уменьшается. Гипокобальтоз возможен при использовании высококонцентратных рационов.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного кобальтового питания. От недостатка кобальта в рационах страдают главным образом жвачные животные. У свиней и птицы признаки недостаточности кобальта могут наблюдаться лишь при отсутствии в кормах витамина B_{12}, при содержании их без доступа к подстилке, земле и невозможности копрофагии.

При недостатке кобальта в рационах у жвачных уменьшается и извращается аппетит (коровы лижут волос, овцы поедают шерсть, грызут деревянные предметы), уменьшается численность бактерий и инфузорий в рубце, формируется анормальная бактериальная флора рубца, учащаются расстройства пищеварения. Развиваются апатия, прогрессирующее истощение, анемия. Шерсть грубеет, утрачивает блеск, становится взлохмаченной, кожа шелушится (чешуйчатость кожи). Молочная, мясная и шерстная продуктивность снижается. Может быть жировая дегенерация печени. У маточного поголовья, кроме того, задерживается течка, снижается оплодотворяемость, наблюдаются аборты, задержание последа, недоразвитие плода, рождение маложизнеспособного приплода.

У молодняка жвачных часто развивается понос, отмечаются остановка роста, общее истощение, слабость и падеж (особенно от маток с кобальтовой недостаточностью).

Крупный рогатый скот и овцы становятся очень восприимчивыми к паратуберкулезу, а овцы, кроме того, к селенозу.

У свиней ухудшается аппетит, снижается прирост живой массы, развиваются поносы, анемия. У производителей ухудшается качество спермы.

Биохимические критерии обеспеченности животных кобальтом. Кобальт откладывается в мышцах, печени, почках, поджелудочной железе, селезенке, легких и крови животных. Богаты кобальтом железы внутренней секреции (кроме щитовидной) и плацента. Концентрация же кобальта в крови и тканях весьма незначительна.

Считают, что по содержанию кобальта в печени животных можно судить о полноценности их кобальтового питания. В сырой ткани печени овец и крупного рогатого скота содержание кобальта колеблется от 70 до 100 мкг/кг. При введении кобальтовой подкормки его концентрация может увеличиваться до 200—300 мкг/г печени. Уменьшение запасов этого элемента в печени до 27—50 (или 60) мкг/кг сырой ткани может сопровождаться развитием незначительных и неспецифических признаков кобальтовой недостаточности. При существенном дефиците кобальта в рационе и организме концентрация элемента в сырой ткани печени уменьшается до 7—20 мкг/кг и ниже.

Резкие формы кобальтовой недостаточности обычно развиваются при содержании кобальта в сухом веществе рационов 0,07 мг/кг и менее. В сырой ткани печени свиней содержание кобальта колеблется от 50 до 350 мкг/кг, иногда при истощении запасов его концентрация снижается до 6 мкг/кг.

Количество кобальта в печени кур, обеспеченных этим элементом, составляет 110—130 мкг/кг. Содержание кобальта в молоке коров, получающих рацион, полноценный по кобальту или обогащенный его солями, колеблется от 1 до 2—3 мкг/л, при незначительной недостаточности — 0,3—0,8 и резком дефиците —0,1 мкг/л. В желтке куриных яиц содержится этого элемента 170 мкг/г.

Уровень кобальта в цельной крови и в сыворотке в определенной степени отражает содержание этого элемента в рационе и его доступность. В цельной крови коров и молодняка крупного рогатого скота, обеспеченных кобальтом за счет кормов или подкормок, его содержание равно 4—6 мкг % (при продолжительном обогащении — до 8—11 мкг %). При незначительном дефиците кобальта его концентрация составляет 2—3 мкг %, при более существенной недостаточности —0,5—1,5, при акобальтозе — до 0,2 мкг %.

Содержание кобальта в цельной крови овец составляет в норме 3—5 мкг %, при незначительном дефиците — 1,5—2, при недостаточном поступлении элемента —0,5—0,8 мкг %; в крови свиней соответственно 5—8 и 2—2,5 мкг %, у птицы — 4—6 и 2—3 мкг %, в крови лошадей — 4 мкг % (норма).

В сыворотке и плазме животных концентрация кобальта может быть несколько ниже и при использовании рационов, достаточных по кобальту (корма и подкормки солями кобальта). Его содержание в норме у крупного рогатого скота и овец колеблется от 2 до 6 мкг %,

при дефиците 0,4—0,7 мкг %, при акобальтозе — 0,1 мкг %; у свиноматок в норме 1,2—1,3 мкг % (первая половина супоросности), 4,9—9,4 (вторая половина) и 1,2—2,5 мкг % (начало лактации).

В пигментированном волосе коров, получавших подкормки солями кобальта, содержится 0,06—0,23 мкг/г, а при отсутствии подкормок — 0,04 — 0,06 мкг/г; в пере кур содержится кобальта 0,7—1,4 мкг/г, в шерсти овец — 0,29 мкг/г; в скелетных мышцах животных — 3—7 мкг/г.

Хорошим индикатором обеспеченности жвачных кобальтом (моногастричных животных витамином B_{12}) является определение содержания кобаламина в крови, печени и молоке. Уменьшение концентрации витамина B_{12} в печени и сыворотке крови наблюдается за несколько недель до появления неспецифических и клинических признаков недостаточности кобальта (табл. 9).

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности кобальтового питания и источники кобальта. При балансировании рационов по кобальту учитывают содержание его в местных кормах, а также отрицательное влияние повышенных концентраций кальция и других веществ на усвояемость и баланс этого элемента. Минимальная потребность животных к кобальту составляет 0,25 мг в расчете на 1 кг сухого вещества корма. Оптимальные нормы составляют для овец 0,3—0,7 мг/кг, лошадей 0,4—0,5, лактирующих коров 0,5—1, стельных сухостойных коров 0,3—0,8, телят и быков 0,4—0,8, свиней 1 мг/кг.

Недостаток кобальта в кормах восполняют подкормками в виде хлористых, сернокислых и углекислых солей в соответствии с рекомендациями, указанными в Ветеринарном законодательстве СССР.

В траве и сене бобовых кобальта больше, чем в траве и сене злаковых. Жмыхи, шроты и отруби, патока и ботва свекольная, жом сухой, дрожжи, рыбная мука богаче кобальтом, чем зерно и трава злаковых.

Йод

Йод, поступивший с кормом и водой, высвобождается и всасывается в виде йодидов, а также в комплексе с аминокислотами в желудке и верхней трети тонкого кишечника и поступает в кровь. Кроме того, в пищеварительный тракт выделяется йод из крови с желудочным и кишечным соками, со слюной и частично снова реабсорбируется в кровь. Бо́льшая часть поступившего йода выделяется с мочой, частично он выделяется с калом (больше у жвачных), с потом, выдыхаемым воздухом, а также с продукцией (молоко, яйца и др.).

Основное количество йода активно поглощается щитовидной железой (до 60—80%) и в составе гормонов снова возвращается в кровь. Йод содержится во всех тканях и органах. Значительная часть йодидов используется для синтеза молока и составных частей яиц. У беременных самок этот элемент свободно проходит через плаценту и накапливается в тканях и крови плода.

Йод влияет на функциональное состояние щитовидной железы. Его обмен в организме связан с синтезом и метаболизмом тиреоидных гормонов. В щитовидной железе йодиды подвергаются окислению; неорганический йод соединяется с тирозином, входящим в состав тиреоглобулина коллоидов. Образуются моно- и дийодтирозины, из которых путем конденсации молекул синтезируются гормоны трийодтирозин (трийодтиронин) и тетрайодтирозин (тироксин). После расщепления йодтиреоглобулина эти гормоны высвобождаются и поступают в кровь. Распад гормонов происходит в печени и почках.

Гормоны щитовидной железы способствуют превращению проферментов в активные ферменты, повышают активность ряда ферментов (цитохромоксидазы, аргиназы, ксантиноксидазы, сукциноксидазы печени, оксидаз аминокислот и др.) и влияют на внутриклеточные процессы окисления углеводов, жиров, аминокислот; ускоряют интенсивность окислительного фосфорилирования углеводов, действуют на синтез белков. Гормоны щитовидной железы регулируют основной обмен, расход углеводов, белков и жиров, процессы теплообразования.

Йод через эти гормоны оказывает воздействие на рост и развитие молодняка, воспроизводительные функции взрослых животных, яйценоскость, молочную продуктивность, рост и качество шерсти.

Йод участвует в синтезе белковых соединений железа, кобальта, цинка, меди и других металлов. Он повышает фагоцитарную активность лейкоцитов и обладает определенным антитоксическим действием.

Недостаточное поступление йода отрицательно сказывается на синтезе медиаторов (ацетилхолина и симпатина) и на функциональном состоянии нервной системы. Кроме того, при неполноценном йодном питании развиваются вторичные формы недостаточности витаминов А, С и группы В.

Йод благоприятно влияет на обмен и усвоение азота, кальция, фосфора, железа, кобальта и меди. При его недостатке в рационе ухудшается использование этих веществ животными.

Йод оказывает положительное влияние на активность целлюлозолитической микрофлоры преджелудков. Он принимает также участие в функциональной деятельности половых органов, особенно у самок.

Тиреотропный гормон гипофиза стимулирует поглощение йода щитовидной железой, а секреция этого гормона тормозится трийодтиронином. При отсутствии ингибиторов в рационах для поддержания нормальной функции щитовидной железы животным достаточно 3 мкг йода в расчете на 1 кг живой массы. При беременности потребность в йоде возрастает на 25—50%.

Факторы, влияющие на доступность, усвоение и потребность животных в йоде. Полноценность йодного питания зависит от поступления йода с кормами и водой, от доступности его в желудочно-кишечном тракте, а также от усвояемости абсорбированного йода, то есть от удержания его в организме, связывания щитовидной железой, другими тканями и органами, эффективности использования организмом.

В связи с этим различают первичную йодную недостаточность, вызванную дефицитом элемента в кормах и воде и вторичную из-за неудовлетворительной доступности и усвоения йода, поступившего в организм.

Содержание йода в кормах и воде значительно колеблется в зависимости от его концентрации в окружающей среде и условий, имеющихся для усвоения элемента растениями. Доступность йода для животных из кормов и воды понижается при высоком содержании в кормах и кишечном химусе кальция, препятствующего всасыванию элемента в желудочно-кишечном тракте.

Все факторы, отрицательно влияющие на переваримость пита-

тельных веществ и повышающие массу выделяемого кала (высокое содержание клетчатки, калия и др.), снижают количество абсорбированного йода, а жиры, наоборот, увеличивают его доступность. Установлено, что удержание йода в организме понижается, а выделение его из тканевых депо соответственно увеличивается при повышенном поступлении с кормами и водой фтора, хлора, марганца, стронция, кобальта, калия. Все это приводит к угнетению деятельности щитовидной железы.

Имеются данные, что улучшение фосфорного питания животных за счет подкормки фосфатом натрия значительно уменьшает выделение йода из организма.

Аналогичное действие на овец оказывает введение в рационы синтетического метионина и сульфата натрия. В ряде опытов показано, что добавки солей меди при низком содержании йода в кормах улучшали использование, повышали отложение йода и нормализовали активность щитовидной железы. Установлено, что включение йода в молекулу белка или свободного тирозина протекает лишь в присутствии ионов меди. Данные о взаимодействии йода и кобальта противоречивы. В опытах на валушках установлен синергизм этих элементов в воздействии на шерстную продуктивность и антагонизм во влиянии на рост. С повышением количества кобальта, вводимого овцам с кормами и за счет добавок солей, увеличивалось выведение йода из запасов организма, ухудшался его баланс и значительно повышалась потребность в йоде, изменялись структура и функциональная активность щитовидной железы. Аналогичное влияние оказывает и витамин B_{12}. Установлено, что пероксидаза (тирозинйодиназа) угнетается кобальтом, что отрицательно влияет на образование тироксина из дийодтирозина. При этом наблюдается снижение основного обмена, Неудовлетворительное обеспечение витамином С и каротином также может вызвать вторичную йодную недостаточность.

В летний период при использовании травы многолетних культурных пастбищ, а в период стойлового содержания при скармливании кормовых культур, полученных с полей, обильно удобренных калием, в рационах жвачных может быть избыток этого элемента (при одновременном недостатке натрия). Это приводит к увеличенному мочеотделению и значительным потерям йода из организма. Особенно критическим считают период перехода от стойлового содержания к пастбищному, когда в молодой траве содержится очень мало йода и много калия, что приводит к усиленному выведению йода из организма с мочой.

Поглощение йода щитовидной железой зависит от содержания в кормах антитиреоидных зобогенных веществ — гойтрогенов, к которым относятся тиоглюкозиды, цианаты и тиоцианаты, перхлораты, гойтрины и нитраты. Цианаты и тиоцианаты содержатся в растениях семейства крестоцветных, льняных жмыхе и шроте, отдельных видах клевера. Эти вещества тормозят накопление йода щитовидной железой, угнетая активность фермента, катализирующего окисление йодидов в металлический йод. Гойтрины тормозят образование трийодтирозина и тироксина. Богаты гойтринами зеленые растения и семена крестоцветных (рапс, сурепка и др.). Даже большие дозы йода не всегда снимают действие гойтринов.

Длительное использование травы и других кормов с высоким содержанием нитратов может также привести к торможению деятельности щитовидной железы.

Токсического действия избытка йода при использовании обычных рационов не наблюдается. Однако иногда продолжительное время применяют подкормку солями йода в больших дозах, что может привести к увеличению теплопродукции и усилению азотистого обмена на 15—20% и более, то есть к ухудшению эффективности использования кормов и снижению продуктивности.

Контроль полноценности йодного питания животных. При недостаточном поступлении йода с кормами и водой (менее 10 мкг/л, особенно при 2 мкг/л), а также при содержании в кормах ингибиторов — зобогенных веществ — снижается синтез тиреоидных гормонов, наблюдается нарушение обмена веществ, снижение лютеинизирующей функции гипофиза и овуляторной функции яичников. Подкормка животных солями йода при умеренном их дефиците нормализует половую функцию.

При недостатке йода обычно происходит компенсационное увеличение массы щитовидной железы в 2—10 раз и более при одновременном уменьшении содержания в ней йода. В железе развиваются различные морфологические и гистологические изменения (встречаются диффузная и узловая формы зоба, коллоидная макро- и микрофолликулярная, паренхиматозная и базедовофицированная). При эндемическом зобе увеличение размеров щитовидной железы происходит вследствие разрастания соединительной ткани при одновременной атрофии железистых элементов. Недостаток йода вызывает образование зоба и у плода. Это является также первым видимым симптомом йодной недостаточности у новорожденных.

Образование зоба у животных сопровождается снижением основного обмена, замедлением роста, усилением отложения жира и подавлением синтеза белка, отставанием развития половых желез, кожи, волос, нарушением воспроизводительных функций.

Некоторые последствия недостаточного и несбалансированного йодного питания. У коров, овец, коз и несколько реже у свиноматок при недостаточном поступлении йода с кормом и водой или вследствие влияния гойтрогенов нарушается цикличность течки, наблюдается тихая охота, снижаются оплодотворяемость и плодовитость, наблюдаются резорбция плодов, выкидыши на ранних стадиях беременности, аборты, задержание последа. Возможно увеличение сроков беременности и рождение мертвого, нежизнеспособного или очень слабого приплода с зобом (толстая шея). Молочная продуктивность и жирномолочность животных уменьшаются, ухудшаются рост и качество шерсти.

У молодняка снижается прирост живой массы, у ягнят ухудшается качество шерсти, для жеребят характерна общая слабость. У быков и производителей других видов могут быть прекращение половой активности, ухудшение качества спермы.

При избытке йода установлено снижение прироста живой массы и молочности, увеличение затрат кормов на единицу продукции, уменьшение гемоглобина в крови.

У свиней и птицы йодная недостаточность наблюдается реже (только в зонах, дефицитных по йоду). Однако возможно рождение поросят с типичными симптомами дефицита йода (зоб). При этом новорожденные поросята имеют утолщенную кожу без щетины, подкожные отеки и опухание, особенно в области головы и шеи. У птицы при недостатке йода снижаются яйценоскость и содержание его в яйцах, что отражается на выводимости и развитии эмбрионов. Наблюдается замедление эмбрионального развития в период с 16-го

по 20-й день инкубации, удлинение времени вывода (при содержании йода 0,03—0,15 мг/кг корма), увеличение у эмбрионов и цыплят щитовидной железы, торможение рассасывания желточного мешка, уменьшение массы и числа выведенного здорового молодняка.

Йодная недостаточность приводит к значительному экономическому ущербу вследствие гибели эмбрионов, мертворожденного и слабого приплода (от 20 до 50%), яловости и снижения удоев (на 10—25 %), понижения жирности молока (на 0,2—1,0%), настрига шерсти (на 10—30%) и замедления роста животных (на 5—30%).

Биохимические критерии обеспеченности животных йодом. В тканях организма животных, в крови и молоке содержится неорганический йод и йод, связанный с белками.

Содержание йода в крови, молоке и яйцах зависит от вида и возраста животных, времени года, поступления его с кормами и водой и усвояемости.

В цельной крови здоровых коров содержание йода в норме летом равно 13—19, зимой — 7—10 мкг %; при дефиците — снижение до 3—5 и даже до 1—2 мкг %. У телят содержание йода в крови составляет в норме 6—8 мкг %; у овец — 10—23, у свиней — 5—8, у лошадей — 5—10, у кур — 3—4 мкг%. При дефиците йода у овец этот показатель может снижаться до 1—6 мкг%.

В сыворотке в сравнении с цельной кровью содержится йода несколько меньше: у коров в летний период 8—16, зимой 4—8 мкг %. Концентрация йода в норме у телят и овец составляет 6—8, у свиней — 4—8 мкг%. Есть данные, что содержание йода в молоке изменяется в прямой зависимости от его потребления. Этот показатель можно использовать для оценки обеспеченности лактирующих коров йодом. В норме содержание йода в молоке коров колеблется от 80 до 130 мкг/л (при подкормке солями 250—470 мкг% и более), при незначительном дефиците —25—60 и резкой недостаточности —1—20 мкг%. В молозиве содержится йода больше (150—260 мкг/л).

Уровень связанного с белком йода (СБИ) служит критерием состояния щитовидной железы и зависит от возраста животных, сезона, содержания йода в корме и воде, наличия гойтрогенов. В цельной крови здоровых овец, свиней и коров содержание СБИ в норме колеблется от 4 до 6—8 мкг%. При дефиците йода оно снижается до 3—3,5 мкг%, отношение СБИ к неорганическому йоду расширяется до 3—4 : 1 (норма 1—2 : 1). В крови кур и уток содержание СБИ составляет 1—1,5 мкг%. В молоке коров, обеспеченных йодом, количество СБИ может составлять 280 мкг/л (при подкормке — до 720 мкг/л), при недостаточности йода в рационе — только 30—80 мкг/л. Считают, что содержание йода в волосе коров и телят может также служить показателем обеспеченности этим элементом (колебания в норме 1,7—3,2 мкг/кг).

Можно определять содержание йода в щитовидной железе; в норме его концентрация в сухом веществе железы составляет 0,2—0,5%, при дефиците — 0,1% и менее. Для диагностических целей целесообразно использовать радиозотопный метод.

Установлено, что при зобе интенсивность поглощения йода щитовидной железой возрастает в 10 раз и более. Считают, что относительная масса (количество граммов щитовидной железы на 100 кг живой массы животных) является показателем состояния этой железы. Если на 100 кг живой массы у крупного рогатого скота приходится 7 г и более массы щитовидной железы, у овец — 8, у свиней — 10 г и более, то это свидетельствует о наличии зоба.

Нормы потребности, меры предупреждения неполноценности йодного питания, источники йода. Существует прямая зависимость между содержанием йода в почве, воде, растениях и организме животных.

Содержание йода в кормах и воде изменяется по почвенно-географическим зонам; влияют место произрастания, почва, содержание в почве и воде кальция, внесение и вид применяемых удобрений, удаленность от моря, высота над уровнем моря и др.

Низкий уровень усвояемого растениями йода имеет место на карбонатных, песчаных, кислых подзолистых, особенно на заболоченных и торфянистых почвах, при высокой обводненности местности. Горный рельеф способствует выносу йода из почвы атмосферными водами.

Отдельные виды растений могут значительно различаться по содержанию йода, даже если произрастают на одном и том же участке. Например, клевер и райграс содержат йода больше (до 0,9—1,6 мг/кг), чем ежа сборная (0,2 мг/кг). Мало содержится йода в пастбищных растениях весной и при поздних фазах вегетации. Стебли в 4—5 раз беднее йодом, чем листья.

Содержание йода может уменьшаться на 10—50% по сравнению с исходной зеленой массой при высушивании травы на сено (потеря листьев и др.), приготовлении травяной муки, силоса и сенажа. Хранение кормов также связано со значительными потерями йода (до 15—60%). Это объясняется в основном выделением из них в воздух слабо связанного йода. Потери йода наблюдаются и при хранении йодированных подкормок.

На использование йода оказывает влияние содержание в рационе калия, кальция, стронция, фтора, кобальта, гойтринов, цианатов и некоторых других веществ.

При недостатке в кормах йода в рационы включают йодистый калий (йодированная соль, кайод, премиксы). В зависимости от вида, возраста и физиологического состояния животных норма йода колеблется от 0,2 до 0,7 мг на 1 кг сухого вещества рациона (коровы и быки — 0,3—0,6 мг/кг; телята — 0,2—0,3; молодняк крупного рогатого скота —0,3—0,4; валухи, суягные матки до конца первой половины суягности, ягнята —0,2—0,4; лактирующие и суягные матки во второй половине —0,3—0,5; племенной и откормочный молодняк свиней — 0,3; матки супоросные —0,4, подсосные — 0,5 мг/кг; лошади —0,5—0,7; племенные куры — 0,5 мг/кг (потребность индеек в йоде выше).

При скармливании кормов, содержащих зобогенные вещества гойтрогены: кормовой и мозговой капусты, рапса и рапсового, льняного, арахисового, соевого шрота, зеленой массы с большой примесью сурепицы, гороха, белого клевера; избыточных по кальцию (бобовые); свекольной ботвы; при использовании воды и фосфатов, содержащих много фтора, рекомендуется увеличивать нормы концентрации йода в сухом веществе рационов до 1,5—2 раз. Одностороннее и продолжительное кормление коров кукурузным силосом также приводит к появлению у телят зоба.

ХАРАКТЕРИСТИКА КОРМОВ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИХ КАЧЕСТВА

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТАВА И ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ЗОНАМ СТРАНЫ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭТИ ПОКАЗАТЕЛИ

Для дальнейшего развития животноводства требуется совершенствование кормовой базы, что означает повышение урожайности кормовых культур и естественных кормовых угодий, а также внедрение прогрессивной технологии заготовки и хранения кормов, обеспечивающих повышение их питательной ценности. Повышение биологической ценности кормов особенно важно при интенсификации животноводства и переводе его на промышленную основу.

С переводом животноводства на промышленную основу, с организацией крупных животноводческих ферм должны найти широкое применение новые методы заготовки, консервирования и хранения кормов: приготовление сенажа, травяной муки и резки, заготовка сена с использованием активного вентилирования, производство брикетированных и гранулированных кормов. Соблюдение всех требований прогрессивной технологии заготовки и хранения кормов способствует наибольшему сохранению питательных веществ, чем достигается эффективность их скармливания.

Ассортимент кормов, используемых в кормлении сельскохозяйственных животных, весьма разнообразен. Их кормовые достоинства зависят прежде всего от состава и питательности, которые под влиянием природных и хозяйственных условий подвержены большим колебаниям.

Чтобы эффективнее использовать корма, необходимо всестороннее знание их химического состава, являющегося важнейшим показателем их питательности.

Химический состав, а следовательно, и питательность кормов, а также изменения этих показателей, обусловленные разными причинами, целесообразно рассматривать по группам, руководствуясь общепринятой классификацией, а также с учетом новой их классификации, предложенной Институтом кормов. В проекте стандарта классификации кормов все корма, приготовленные из зеленых травянистых растений, выделены в самостоятельный класс, называемый «Зеленые кормовые растения и консервированные корма из них». В него отнесены: зеленые корма — травы естественных угодий, посевные и другие кормовые растения; силос, сенаж, сено из злаковых, бобовых и других кормовых растений, а также искусственно высушенные корма — травяная мука и резка.

Солома, мякина, веточный корм и мука из древесной зелени составляют класс, называемый «Побочные продукты растениеводства и лесной промышленности».

Внесены некоторые изменения в группировку других кормов.

Принцип объединения зеленых кормов и их производных (силос, сенаж, сено, травяная мука и резка) в один класс позволяет выявить влияние природных условий на химический состав и питательность исходной зеленой массы в период вегетации растений, а также

влияние этих факторов на состав приготовленных из зеленых растений сена, силоса и др. Питательность последних зависит, кроме того, от применяемой при заготовке технологии и условий хранения.

Корма растительного происхождения

Растительные корма являются основными в рационах животных. Эту группу кормов, как указывалось выше, составляют зеленые кормовые растения и консервированные корма из них, солома и мякина, корнеклубнеплоды, зерновые корма и побочные продукты промышленности и технических производств.

Зеленый корм

К зеленым кормам относятся травы естественных лугов и пастбищ, сеяные травы (возделываемые на зеленый корм).

В зеленом корме содержится комплекс ценных питательных веществ, необходимых для животных: протеин высокого качества, легкоферментируемые углеводы, незаменимые жирные кислоты, витамины, минеральные и биологически активные вещества. Содержание воды в зеленом корме колеблется от 60 до 85%. В сухом веществе молодой травы содержится до 25% протеина, 4—5% сырого жира, до 16% клетчатки, до 45% БЭВ и до 11% сырой золы. В золе щелочные элементы преобладают над кислыми.

Сухое вещество молодой травы по содержанию переваримого протеина и энергетической питательности близко к растительным концентрированным кормам, но превосходит их по биологической ценности протеина и витаминному составу.

Питательная ценность зеленого корма зависит от ботанического состава растений, фазы их развития в момент стравливания или уборки, условий вегетации и других факторов. Например, высоким содержанием протеина, витаминов, зольных элементов отличаются бобовые травы.

Кормовая ценность зеленого корма во многом зависит от фазы развития растений. В ранние фазы вегетации трава очень богата протеином, содержание которого в сухом веществе может доходить до 30%, и бедна легкоферментируемыми углеводами. В фазах колошения и бутонизации содержание протеина также достаточно высокое. Сильно снижается протеиновая питательность травы поздних фаз вегетации. Если принять содержание протеина в фазе кущения за 100%, то в фазе цветения количество протеина составляет 55—65%, в период созревания семян сокращается до 35—45%, в то время как содержание клетчатки увеличивается в 1,5—2,5 раза (табл. 12).

Зеленый корм является хорошим источником каротина, витаминов Е, К и группы В (B_1, B_2, B_3, B_5, B_6). В содержании их наблюдаются большие колебания в зависимости от вида растений, периода вегетации и др. Содержание каротина в 1 кг травы злаково-бобового пастбища в начале стравливания достигает 100 мг и более. С ходом вегетации содержание каротина снижается (табл. 12).

Содержание витамина Е в зеленом корме также колеблется в широких границах, от 40 до 280 мг на 1 кг сухого вещества. При сушке трав на сено бо́льшая часть его теряется. Зеленые растения довольно богаты витамином К. В хорошо облиственных травах его содержание достигает 90 мг/кг сухого вещества.

12. Химический состав некоторых трав по фазам вегетации (в процентах на абсолютно сухое вещество) (данные ВНИИК)

Растение	Фаза вегетации	Протеин	Сырой жир	Сырая клетчатка	БЭВ	Сырая зола	Каротин, мг/кг
Клевер красный	Стеблевание	21,7	3,5	20,5	46,5	7,8	314
	Бутонизация	20,5	3,2	24,9	44,9	6,5	228
	Начало цветения	18,1	3,0	26,5	43,7	6,7	175
	Полное цветение	17,4	2,7	25,3	45,9	7,1	160
Тимофеевка луговая	Кущение	15,5	3,4	19,1	55,1	6,9	190
	Колошение	13,9	2,9	29,6	54,2	6,4	155
	Начало цветения	9,3	2,7	26,5	54,4	6,1	93
	Полное цветение	8,1	2,2	28,7	55,2	5,9	82

В зеленом корме содержатся также ферменты, гормоноподобные вещества, оказывающие специфическое действие на животных.

Из приведенных данных следует, что больше всего протеина витаминов и минеральных элементов содержится в растениях в ранние фазы их развития.

Задержка с уборкой или стравливанием трав резко снижает их кормовые достоинства. По мере старения растений изменяется их состав, понижается переваримость питательных веществ. Например, переваримость протеина и клетчатки клевера в ранней фазе равнялась 79 и 65%, а в фазе полного цветения — 68 и 44% соответственно (данные ВНИИК).

Питательность поздно убранных трав значительно понижается. Так, по данным ВНИИК, питательность 1 кг сухого вещества трав, скошенных до начала цветения, равна 0,8—0,9 корм. ед. (на 1 корм. ед. приходится более 100 г протеина). В фазе цветения эти показатели снижаются до 0,5—0,6 корм. ед. и 70—80 г протеина. Поэтому очень важно правильно определить оптимальные сроки уборки растений для заготовки сенажа, силоса, сена и др.

Сопоставление средних цифр энергетической и протеиновой питательности трав природных пастбищ (данные ВНИИК) показывает, что эти показатели меняются в зависимости от зональных условий (табл. 13).

Состав и питательность травы культурных пастбищ изменяются в зависимости от условий выращивания. В 1 кг травостоя культурных пастбищ (Вологодская область) концентрация сухого вещества составляет 138,2—269,8 г.

Исследованиями ВНИИК установлено, что содержание сухого вещества в траве бобово-злакового пастбища (Московская область) колеблется от 130 до 270 г/кг, в траве злакового — 180—250 г/кг. Энергетическая питательность 1 кг травы обоих типов пастбища зависела от содержания сухого вещества и колебалась от 0,16 до 0,28 корм. ед.

При высокой обеспеченности почв азотом больших различий в содержании протеина в бобовых и злаковых травосмесях не наблюдается. На 1 корм. ед. в траве бобово-злакового пастбища приходится в среднем 136 г переваримого протеина, в траве злакового — 124.

13. Энергетическая и протеиновая питательность трав природных пастбищ

Тип пастбища	Содержится в 100 кг травы	
	кормовых единиц	переваримого протеина, кг
Суходольные луга:		
луговые пастбища (в среднем по СССР)	24,0	2,5
лугостепные пастбища	22,8	2,8
Лесостепные и степные луга	26,0—33,6	1,8—3,9
Пойменные пастбища лесной зоны, заливные луга (высокий уровень)	26,2	2,4
Альпийские луга (в среднем по СССР)	28,0—32,0	3,3—3,7

Содержание сырого протеина в траве культурных пастбищ колеблется по циклам стравливания, что подтверждается исследованиями, проведенными в Ленинградской и Московской областях. Так, если содержание сырого протеина в траве первого цикла стравливания принять за 100%, то во втором оно равно около 80%, к третьему и четвертому циклам повышается до 90%, а в шестом цикле достигает исходного уровня.

Изменение химического состава и содержания протеина в зеленом корме связано также с погодными условиями.

Кормовые растения, произрастающие в различных зонах, сильно различаются по минеральному составу, который зависит от запасов минеральных элементов в почве, метеорологических условий и др. (табл. 14).

14. Содержание золы, кальция и фосфора в траве естественных и культурных пастбищ разных зон СССР (по данным ВИЖ)

Вид корма	Место произрастания	Качество корма	Число анализов	Содержание, %			
				воды	золы	Ca	P
Трава пастбищ, заливные луга	СССР	Среднее	28	75,0	2,44	0,263	0,103
Трава пастбищная луговая	Московская область	То же	4	72,0	2,98	0,279	0,089
Трава естественного пастбища	Алма-Атинская область	»	4	78,8	2,19	0,211	0,042
Трава естественного улучшенного пастбища	Ленинградская область	»	11	74,3	1,76	0,106	0,057
Трава культурного пастбища	Эстонская ССР	»	199	80,1	1,93	0,134	0,076

Степные кормовые угодья содержат оптимальное количество кальция, фосфора и микроэлементов (кобальта, меди, марганца, молибдена), но в засушливых районах бедны кальцием и фосфором. В кормах Крайнего Севера содержится меньше кальция и фосфора, чем в среднем по СССР. Минеральный состав кормов существенно различается не только по зонам, но и по областям и краям.

Применение удобрений оказывает большое влияние на состав корма. Под их воздействием изменяются ботанический состав, содержание в траве сухого вещества, протеина и минеральных веществ (при этом имеют значение формы и дозы удобрений).

При внесении азота на пастбище (Белоруссия) со злаковым травостоем в дозах 60, 120, и 240 кг/га отмечено увеличение кальция и фосфора при дозе 120 кг/га, в дозе 240 кг/га оказалась менее эффективной. Внесение в почву фосфорных удобрений приводит к увеличению содержания фосфора в злаках.

Злаковые растения в большей степени, чем бобовые, реагируют на удобрения. В них повышается содержание протеина, минеральных элементов и витаминов.

Внесение азотных удобрений в повышенных дозах вызывает увеличение сырого протеина в кормах вследствие увеличения в нем небелкового азота. При этом возрастает и доля нитратного азота (избыток в траве нитратов может вызвать отравление животных).

Под влиянием азотных удобрений в траве увеличивается количество аминокислот. Это увеличение аминокислот в сыром протеине обусловлено также ботаническим составом травостоя, поскольку видовой состав трав изменяется под влиянием вносимых удобрений.

При внесении азотных удобрений заметно возрастает количество каротина.

Эффективность удобрения значительно повышается при орошении, так как создаются более благоприятные условия для усвоения травами питательных веществ удобрений. Так, по данным ВНИИК, внесение удобрений без орошения приводит к снижению сахаров, золы и калия в пастбищной траве. Орошение способствует повышению зольности трав, концентрации в них калия, а также более равномерному отрастанию в течение всего сезона, увеличивает урожайность и качество кормовой массы пастбищ и сенокосов.

Консервированные корма из зеленых растений

Состав и питательность консервированных кормов из зеленых растений подвержены комбинированному влиянию природно-климатических и агротехнических факторов, действующих в период произрастания, а также технологии их заготовки.

При заготовке зеленых кормов на продолжительное хранение применяются разные способы их консервирования: сушка трав, силосование, применение химических веществ (консервантов). Эти приемы заготовки кормов вызывают изменения в химическом составе и сопряжены с потерями питательных веществ. Для сокращения потерь при уборке растений следует по возможности регулировать биохимические процессы, происходящие в срезанных растениях. В первое время в скошенных растениях до консервирования продолжается жизнь клеток за счет запасов питательных веществ. Этот период называется периодом «голодного обмена». В это время запасы питательных веществ быстро расходуются (чем продолжительнее период голодного обмена, тем больше расходуется питательных

веществ). За сутки растения теряют более 1% сухого вещества, в том числе сахара и протеина. В составе протеина происходят изменения, увеличивается процент растворимых азотистых веществ за счет распада белка. В процессе сушки трав наблюдается переаминирование аминокислот.

При сушке трав на сено наряду с потерями питательных веществ в результате биохимических процессов происходят механические потери вследствие обламывания нежных пересохших частей растений.

При высушивании трав обычным способом в поле в благоприятную погоду теряется до 25—30% сухого вещества, при неблагоприятных погодных условиях — до 50% и более, каротина до 90%.

Силосование зеленых кормов сопровождается меньшими потерями питательных веществ, чем сушка сена. Однако при силосовании расходуется почти весь сахар на бродильные процессы.

В последние годы внедряется приготовление сенажа. При этом способе питательные вещества кормовых растений сохраняются лучше, чем при сушке трав или силосовании. К тому же физическое состояние сенажа позволяет применять механизированную раздачу его животным (табл. 15).

15. Примерные потери сухого вещества при разных способах консервирования трав (данные ВНИИК)

Способ консервирования трав	Потери сухого вещества, %
Полевая сушка трав на сено:	
злаковых	25—30
бобовых	30—45
С досушкой активным вентилированием:	
злаковых	20—25
бобовых	25—30
Искусственная сушка	4—5
Приготовление сенажа	12—18
Силосование	20—25
Химическое консервирование	10—13

Силос. Особый вид сочного корма — силос, приготовленный в результате биологических процессов, сопровождающихся накоплением органических кислот в плотно уложенной растительной массе, образующихся в результате жизнедеятельности различных бактерий. Накопившиеся в оптимальном количестве молочная и уксусная кислоты являются консервирующим средством, предохраняющим растительную массу от разложения.

Основными силосными культурами являются кукуруза, подсолнечник, злаковые травы и злако-бобовые смеси.

Для свиней и птицы готовят комбинированный силос. Сырьем для такого силоса служат корнеклубнеплоды, бахчевые, однолетние и многолетние бобовые травы, початки кукурузы в восковой спелости, травяная мука.

Кормовое достоинство силоса зависит от качества исходного сырья и технологии приготовления. Для получения высококачествен-

ного силоса необходимо прежде всего своевременно скосить силосуемые растения. При уборке злаковых многолетних трав в начале колошения, а бобовых в конце бутонизации — начале цветения получают хороший силосный корм.

Кукурузу на силос в центральных и восточных районах европейской части СССР рекомендуется убирать в стадии молочно-восковой и восковой спелости зерна, поскольку в эти сроки уборки в растениях накапливается наибольшее количество сухого вещества и увеличивается питательная ценность силоса (табл. 16).

16. Питательность кукурузного силоса по фазам спелости
(данные Научно-исследовательского института животноводства Лесостепи и Полесья УССР)

Фаза спелости	Содержание в 1 кг силоса	
	кормовых единиц	переваримого протеина, г
Образование зерна	0,19	13,6
Молочная	0,22	13,0
Молочно-восковая	0,30	13,1
Восковая	0,32	13,9

В тех районах, где кукуруза не достигает молочно-восковой и восковой спелости, ее убирают до наступления заморозков. Подмораживание и высыхание листьев ведут к потере протеина и каротина, так как в листьях содержится в 2—3 раза больше протеина и в 50 раз больше каротина по сравнению со стеблями.

Подсолнечник на силос скашивают, когда цветет 30—40% корзинок.

Успех силосования зависит от соблюдения технологических приемов, направленных на создание благоприятных условий для развития молочнокислого брожения. Из факторов, влияющих на ход силосования, наибольшее значение имеет тщательная изоляция силосуемой массы от доступа воздуха и содержания в ней сахара и воды.

В силосуемой массе, заложенной в емкости, происходят значительные изменения в химическом составе. Сахара сбраживаются с образованием органических кислот. Значительная часть протеина (35—40%) гидролизуется до аминокислот под действием ферментов растительных клеток. Однако часть белка и аминокислот распадается до аммиака под действием ферментов гнилостных бактерий, что снижает качество силоса. Происходят потери каротина, а также витаминов Е и С. Для предупреждения активного развития этих процессов необходимо вытеснить оставшийся воздух из растительной массы.

При тщательной изоляции растительной массы от доступа воздуха извне быстрее прекращается дыхание растительных клеток, сокращаются потери питательных веществ, связанные с окислительными реакциями, а также подавляется размножение аэробных бактерий, которые могут вызывать сильное согревание силосуемой массы и ее порчу.

Нагревание силосуемой массы выше 35—37° С приводит к резкому увеличению потерь питательных веществ, инактивации витаминов, снижению переваримости протеина. Происходит это потому, что при повышенной температуре белки вступают в химическое взаимодействие с редуцирующими сахарами, образуя стойкое соединение, называемое меланоидином. Этот комплекс имеет коричневый цвет и придает перегретому силосу бурую окраску. Такой силос приобретает запах свежеиспеченного хлеба или меда. Бурый силос хорошо поедается животными, но переваримость питательных веществ его низкая.

Следующее условие получения хорошего силоса — создание в силосуемой массе кислой среды за счет преимущественного накопления молочной кислоты. В анаэробных условиях при наличии достаточного количества сахаров активно развивается молочнокислое брожение, быстро накапливается молочная кислота, смещающая pH до 4,2. Это смещение происходит в том случае, когда в растениях фактическое содержание сахара в 1,5—1,7 раза больше минимального, которое требуется для образования кислот.

Понятие «сахарный минимум» по определению А. А. Зубрилина означает минимальный процент сахара в растениях, который необходим для накопления молочной кислоты в количестве, обеспечивающем смещение pH силоса до 4,2 при данной буферности исходного сырья. С учетом соотношения между сахарным минимумом и фактическим содержанием сахара в корме растительное сырье делят по его силосуемости на три группы: легкосилосующееся, трудносилосующееся и несилосующееся.

Силосуемость растений с недостатком сахара можно повысить при силосовании их с кормами, богатыми сахаром. Совместное силосование трудносилосующихся высокопротеиновых растений с кукурузой способствует насыщению смеси сахаром, чем достигается интенсивное накопление в силосуемой массе молочной кислоты и получение высокопитательного силоса (табл. 17).

17. Питательность силоса из кукурузы и ее смесей с бобовыми

Силосуемое растение	Содержание в 1 кг корма				
	кормовых единиц	переваримого протеина, г	кальция, г	фосфора, г	каротина, мг
Кукуруза в начале восковой спелости	0,209	8,14	1,40	0,50	15
Кукуруза в начале восковой спелости + клеверная отава (1 : 1)	0,19	20,6	2,15	0,65	20
Кукуруза + соя (1 : 1)	0,202	17,6	4,02	0,38	37,5

Успешное развитие молочнокислых бактерий протекает в среде с определенной влажностью. Оптимальная влажность силосуемой массы 65—70%. При такой влажности и соблюдении технологии силосования потери питательных веществ могут быть ниже 20%. Содержание влаги более 70% отрицательно влияет на качество си-

лоса, так как в корме при такой влажности микробиологические процессы протекают активно, происходит разложение бактериями питательных веществ до газообразных продуктов и воды, потери от угара могут достигать 14—15%. При закладке растений с влажностью 80% и более общие потери сухого вещества в результате угара и утечки силосного сока составляют ¼—⅕ веса заложенной массы (силосный сок содержит 5—6% сухого вещества).

Для снижения влажности массы рекомендуется некоторые сочные растения (кукуруза, подсолнечник, люпин и др.) силосовать с измельченной соломой, добавляемой в количестве 15—20% от веса силосуемой массы.

Измельчение силосуемой массы оказывает большое влияние на качество корма. Степень измельчения силосуемых растений зависит от их влажности в момент укладки. Растения с влажностью 65% измельчают на отрезки 2—3 см, влажностью 70—75% — 4—5 см, 80% — 8—10 см. При крупной резке меньше выделяется сока, меньше потери питательных веществ.

Для снижения потерь и повышения качества силоса применяются химические консервирующие средства. К ним относятся пиросульфит натрия, нитрит натрия, муравьиная и бензойная кислоты.

Для обогащения кукурузного силоса азотом рекомендуется вносить азотистые добавки — мочевину в смеси с солями, имеющими кислую реакцию (бисульфаты натрия и аммония, однозамещенный фосфорнокислый аммоний). Доза внесения синтетических азотистых добавок составляет 2,3 кг азота на 1 т силосуемой массы. Такое количество содержится в 5 кг мочевины. Рекомендуется на каждые 3—4 кг мочевины внести 1,0—1,5 кг указанных солей.

В кукурузном силосе с мочевиной увеличивается содержание сырого протеина с 60—70 до 110—150 г на 1 корм. ед.

Сенаж — корм, приготовленный в анаэробных условиях из провяленных трав до влажности 50—55% и с питательной ценностью 0,35—0,40 корм. ед. в 1 кг.

Консервирование растительной массы обусловлено физиологической сухостью среды, так как при такой влажности в бескислородной среде большинство видов бактерий развиваться не может. В таком состоянии растительная масса может храниться без потерь и обладать хорошей переваримостью. При более высокой влажности (60—70%) молочнокислые бактерии активно развиваются, почти полностью сбраживают сахар, содержащийся в растениях, превращая корм в силос.

По данным научно-хозяйственных опытов (ВИЖ), питательные вещества сенажа перевариваются жвачными лучше, чем питательные вещества силоса или сена (табл. 18).

18. Коэффициенты переваримости питательных веществ сенажа, силоса и сена, приготовленных из клевера, %

Вид корма	Сухое вещество	Органическое вещество	Протеин	Клетчатка	БЭВ
Сенаж	60,8	62,7	64,5	56,1	68,8
Силос	56,4	58,6	50,5	39,9	75,5
Сено	56,9	58,7	65,6	49,2	66,3

Кормовое достоинство сенажа зависит от сроков скашивания растений при уборке. Лучший корм из бобовых трав получают при скашивании их в начале бутонизации, из злаковых — в фазе колошения (табл. 19).

19. Питательность сенажа из многолетних трав, убранных в разные фазы вегетации (данные ВНИИК)

Культура и сорт	Фаза при уборке	Содержание в 1 кг сухого вещества	
		кормовых единиц	переваримого протеина, г
Клевер красный	Начало бутонизации	0,93	142
Гибридный позднеспелый	Бутонизация	0,86	123
	Начало цветения	0,76	104
	Цветение	0,72	98
Люцерна Северная гибридная 69	Бутонизация	0,85	140
	Начало цветения	0,81	116
Ежа сборная ВИК-I (не удобренная азотом)	Конец трубкования	0,94	60
	Цветение	0,62	40

Сенаж из бобовых трав, убранных в начале бутонизации, по энергетической питательности сухого вещества приближается к концентратам, а по содержанию переваримого протеина превосходит зерно многих злаков. Задержка с уборкой трав приводит к получению менее питательного корма. Так, в 1 кг сенажа из клевера с тимофеевкой, убранных в фазе бутонизации клевера, содержалось 0,42 корм. ед., а в заложенном в период цветения клевера — 0,34.

Качество сенажа в значительной степени зависит от соблюдения технологии приготовления, влажности, техники провяливания, изоляции сенажной массы от воздуха.

При провяливании трав в благоприятную погоду потери питательных веществ составляют 5—8% от исходной массы. Они происходят в основном за счет сахаров и крахмала. При смачивании массы дождем потери значительно возрастают. Наиболее высокие потери в процессе провяливания в течение 2—3 суток приходятся на долю каротина (30—48% и более) и растворимых углеводов (до 20%).

В процессе хранения сенажа потери сухого вещества корма колеблются от 2 до 13%. Величина потерь питательных веществ зависит от влажности закладываемых растений, степени измельчения и плотности укладки. Измельченные растения с частицами длиной 2—3 см лучше уплотняются при трамбовке, чем обеспечивается тщательная изоляция массы от доступа воздуха. Заполнение башни (траншеи) в короткий срок также обеспечивает создание анаэробных условий.

Изоляция сенажной массы от воздуха предупреждает повышение температуры и потери, связанные с ней. Сильное разогревание массы в результате недостаточного уплотнения снижает питательность корма. С повышением температуры в силосуемой массе резко снижается переваримость питательных веществ, особенно протеина, почти полностью разрушаются каротин и другие витамины.

Опытами установлено, что повышение температуры корма в процессе изготовления сенажа до 50° С сопровождается снижением переваримости органического вещества с 65—70 до 45—50%, протеина с 65—72 до 10—15%, БЭВ с 80—85 до 55—56%. Переваримость клетчатки не изменяется.

Повышение температуры корма ведет к полной потере сахара и разрушению каротина. Поэтому рекомендуется загружать емкости зеленой массой не более чем за 3—4 дня и непрерывно трамбовать. Общие потери сухого вещества в процессе заготовки и хранения сенажа составляют в среднем 12% (8—17%).

При выемке сенажа также возможны потери. Перебои в выемке приводят к самонагреванию верхних слоев оставшейся массы и даже к плесневению. Поэтому сенаж следует выгружать ежедневно. После выемки его рекомендуется использовать в течение суток.

Сено представляет собой траву, высушенную в естественных условиях, а также активным вентилированием или с помощью сушильных агрегатов до влажности 14—17%.

Высококачественное сено богато протеином, минеральными элементами, витаминами и является ценным кормом для жвачных животных и лошадей. Включение хорошего сена в рацион жвачных необходимо как источник названных питательных веществ, а также для образования грубоволокнистых кормовых масс в рубце, обеспечивающих нормальное пищеварение.

Кормовое достоинство сена крайне разнообразно и зависит от ботанического состава, возраста трав при уборке, технологии приготовления и условий хранения.

Сено заготавливают из сеяных трав и травостоя природных сенокосов. Сено сеяных трав в зависимости от ботанического состава подразделяют на бобовое, злаковое и бобово-злаковое.

Хорошо убранное сено из сеяных бобовых трав отличается от посевного злакового более высоким содержанием протеина, кальция и других питательных веществ. В клеверном или люцерновом сене, приготовленном из молодых трав и быстро высушенном, содержится 12—17% протеина. Но по содержанию сахаров сеяное злаковое сено превосходит бобовое.

Сено, приготовленное из одного вида растений (злаковые, бобовые), имеет односторонний химический состав и менее охотно поедается. Наиболее ценным в кормовом отношении является сено из смеси бобовых и злаковых трав, а также сено природных сенокосов, в состав которого входят многие виды злаковых и бобовых трав.

Кормовая ценность сена зависит от сроков уборки преобладающих растений в травостое. Наилучшими сроками скашивания (фаза-

20. Влияние сроков уборки трав на содержание питательных веществ в сене, % (данные ВНИИК)

Вид трав и фаза вегетации	Протеин	Белок	Клетчатка	БЭВ
Многолетние злаковые				
Кущение, выход в трубку	13,0	11,7	23,1	52,5
Колошение, начало цветения	10,3	8,1	34,3	43,6
Цветение	9,3	8,1	37,7	46,0
После цветения	6,6	6,6	34,4	50,5

ми вегетации) бобовых трав и разнотравья являются бутонизация—начало цветения, злаковых — колошение — начало цветения. В фазе полного цветения растений уменьшается содержание протеина при увеличении количества клетчатки (табл. 20).

Содержание протеина в конце цветения снизилось по сравнению с фазой кущения почти на 50%, а количество клетчатки увеличилось на 48,8%.

Высоким качеством отличается сено, скошенное в ранние фазы вегетации. Переваримость питательных веществ и питательность такого сена высокие (табл. 21).

21. Коэффициенты переваримости и питательность сена из красного клевера, убранного в разных условиях (по А. П. Дмитроченко)

Показатели	Уборка в хороших условиях			Уборка в середине цветения (попало под дождь)
	в начале цветения	в середине цветения	в конце цветения	
Коэффициенты переваримости, %:				
органического вещества	65	60	56	48
сырого протеина	66	61	57	45
Содержание в 1 кг сухого вещества:				
переваримого протеина, г	111	86	60	54
кормовых единиц	0,71	0,63	0,55	0,40

При скашивании клевера в ранние фазы вегетации с 1 га собрано на 45% больше переваримого протеина и на 21% больше кормовых единиц по сравнению с убранным в конце цветения.

В процессе сушки трав наряду с удалением воды происходят сложные биохимические процессы, а также механические потери вследствие обламывания нежных частей растений при пересушивании.

Величина потерь зависит от условий и способов приготовления сена. При наземной сушке трав потери сухого вещества достигают 21%, кормовых единиц — 42, переваримого протеина — 34%.

При полевой сушке трав в результате воздействия солнечных лучей из эргостерина в сене образуется витамин D. В условиях зимнего содержания животных сено солнечной сушки и сенаж являются основными источниками витамина D. В то же время в верхних слоях травы под действием солнечных лучей происходит разрушение каротина.

Наземная сушка трав имеет и другие отрицательные стороны. Скошенная трава в прокосах высыхает неравномерно, затягивается период голодного обмена, возрастают потери питательных веществ. Для ускорения сушки и одновременного высушивания листьев и стеблей растений применяют плющение и ворошение скашиваемых трав.

Качество и питательность сена повышаются при досушивании провяленной травы с последующим активным вентилированием. Досушивание провяленной массы (не выше 50% влажности) активным вентилированием сокращает в два с лишним раза потери кормовых единиц и в полтора раза переваримого протеина. В таком сене больше содержится протеина и каротина, оно лучше поедается животными, чем сено полевой сушки (табл. 22).

22. Питательность сена обычной сушки и приготовленного активным вентилированием (по В. А. Бондареву)

Культура и фаза вегетации	Содержание в 1 кг сена		
	кормовых единиц	переваримого протеина, г	каротина, мг
Люцерна в фазе бутонизации:			
обычной сушки	0,54	120	46
с досушиванием активным вентилированием	0,66	140	89
Клевер в фазе бутонизации:			
обычной сушки	0,51	93	53
с досушиванием активным вентилированием	0,65	130	93
Смесь пастбищных трав, колошение:			
обычной сушки	0,52	58	47
с досушиванием активным вентилированием	0,62	69	86

Высушенное сено с содержанием 15—20% влаги укладывают на хранение в сараи, под навес или прессуют и хранят в кипах. При хранении сена в скирдах и стогах под открытым небом часть его портится. За 8 месяцев хранения потери составляют 8—15%. При укладке в скирды или стога сена повышенной влажности потери питательных веществ возрастают. Значительно сокращаются потери при искусственной сушке трав (до 7% корм. ед. и 8% протеина). В искусственно высушенной траве в отличие от сена солнечной сушки не содержится витамина D. Искусственная сушка применяется для получения травяной муки и резки.

Травяную муку и резку из искусственно высушенных трав готовят из молодых, хорошо облиственных бобовых трав, а также из бобово-злаковых травосмесей. Сушат травы в специальных сушильных агрегатах при высокой температуре. Питательность 1 кг травяной муки составляет 0,65—0,85 корм. ед., содержание протеина — 16—20%, каротина 150—300 мг/кг.

Травяная мука искусственной сушки является хорошим источником каротина и витаминов группы В для птицы и свиней, а также частично восполняет их потребность в протеине и минеральных веществах (табл. 23).

Содержание каротина в травяной муке колеблется от 80 до 300 мг в 1 кг корма. Пересушивание (до влажности ниже 8%) травяной муки или при содержании в ней влаги более 12% происходят потери каротина. Особенно велики потери каротина при хранении

23. Химический состав травяной муки (данные ВНИИК)

Мука	Содержание, % на абсолютно сухое вещество							Содержание каротина, мг/кг
	сырого протеина	сырого жира	сырой клетчатки	БЭВ	сырой золы	кальция	фосфора	
Люцерновая, первый укос	21,47	3,17	25,58	34,92	14,86	1,594	0,337	296,17
Из злаково-бобовой травосмеси	19,02	4,12	24,63	38,97	13,21	1,210	0,276	263,51

муки при свободном доступе воздуха. При хранении травяной муки в бумажных мешках в течение 6 месяцев теряется 50—75% каротина. Для стабилизации каротина применяют антиокислители сантохин и дилудин. Обработка муки этими препаратами уменьшает потери каротина. Наиболее эффективным является сантохин. При внесении его в травяную муку в дозе 0,02% распад каротина за 6 месяцев хранения не превышает 16%.

Надежнее всего хранить травяную муку в герметизированных емкостях в атмосфере азота или углекислого газа. Потери каротина также можно снизить путем гранулирования и брикетирования травяной муки. При этом для увлажнения травяной муки используют водную эмульсию сантохина вместо воды.

В последние годы в рационы крупного рогатого скота и овец включают травяную резку искусственной сушки. Она обладает преимуществами по сравнению с травяной мукой (благоприятно влияет на пищеварение жвачных).

Травяную резку готовят из измельченной (до 2—3 см для овец и 3—5 см для крупного рогатого скота) травы, высушиваемой в высокотемпературных сушильных агрегатах, чтобы получить корм влажностью не более 12%. Питательность 1 кг травяной резки в среднем составляет 0,75 корм. ед.

Для предупреждения потерь при перевозке и хранении травяную резку брикетируют. Брикеты из травяной резки хранят насыпью слоем 4—6 м в сухих помещениях.

Витаминную муку готовят также из древесной зелени. Питательность 1 кг сухого вещества листьев ольхи, березы, ивы, осины весенней заготовки высокая и равна в среднем 0,7 корм. ед. при содержании 54 г переваримого белка и до 300 мг каротина.

Широкое распространение получило применение в животноводстве хвойной муки. Для ее приготовления отбирают ветви диаметром в месте среза не более 6 мм, которые измельчают на силосорезке. Сушат хвою при более низкой температуре, чем зеленую массу трав.

В хвойной муке (еловой) содержится 8,79% протеина, 6,54% жира, 35,6% клетчатки, 34% БЭВ и 4,4% золы. В золе хвойной муки содержится около 0,70% кальция и 0,17% фосфора. Хвоя богата микроэлементами. В хвойной муке содержится в среднем 139 мг/кг каротина (90—220 мг/кг). В ней содержатся также витамины группы В, токоферол — 360 мг/кг, витамин К — 12 мг/кг (данные А. Я. Калниньш, А. Р. Вальдмана и др., 1978).

Кормовая ценность 1 кг сухого вещества хвои по опытам на овцах соответствует питательности 1 кг сена среднего качества.

Еловая и сосновая хвоя обладает высокой эстрогенной активностью.

Солома и мякина являются отходами полеводства при производстве зерна. Солома бедна протеином (3—4%) и богата клетчаткой (33—42%). В соломе мало кальция (0,4—0,6%), фосфора (0,08—0,1%) и натрия, но много кремнекислоты. Витамины в соломе почти не содержатся. Переваримость сухого вещества соломы невелика (около 40—50% у жвачных и 20—30% у лошадей). Переваримость протеина еще ниже (20—30%). Питательность 1 кг соломы разных культур незначительная (0,22—0,40 корм. ед.). Мякина богаче питательными веществами и лучше переваривается, чем солома.

Низкая переваримость соломы обусловлена высоким содержанием сырой клетчатки, в состав которой входит химически связанный с целлюлозой лигнин, отрицательно влияющий на переваримость. Для повышения переваримости соломы необходимо нарушить связь целлюлозы с лигнином, чтобы микробные ферменты получили доступ к питательным веществам клетки. Хороший результат дает использование щелочей. Обработка ими соломы ведет к разрушению связи с лигнином, клетчатка набухает, корм становится мягче, охотнее поедается и лучше переваривается. Переваримость клетчатки соломы, обработанной щелочами, повышается до 65—70%, а энергетическая ценность 1 кг соломы увеличивается до 0,4—0,5 корм. ед. (в пересчете на сухое вещество).

Об эффективности действия щелочей на переваримость клетчатки имеется и другая точка зрения (С. Я. Зафрен). Считается, что подщелачивание корма создает благоприятные условия для целлюлозоразрушающих бактерий, успешно развивающихся в слабощелочной среде.

Такое объяснение подкреплено опытами. Для подщелачивания соломы до pH слюны 9,0—9,5 требуется добавка около 4% NaOH к соломе. На 1 т соломы вносится 40—50 кг щелочи (800 л раствора). Солому смачивают послойно, каждый слой толщиной до 30 см. После обработки ее не промывают водой, а выдерживают 8—10 ч. Питательность обработанной соломы повышается до 0,55—0,6 корм. ед. в расчете на сухое вещество. Переваримость клетчатки при этом повышается с 52—56 до 71—74%.

Из щелочных химических средств для обработки соломы чаще всего применяется известь (содержание окиси кальция не менее 90%). На 1 т соломы расходуется 30 кг негашеной извести или 90 кг известкового теста, растворенных в 2—2,5 т воды. Обработку соломы известью проводят одновременно с ее запариванием в специальных кормоцехах. При отсутствии кормоцехов обработку соломы известью рекомендуется проводить в утепленных помещениях без пропаривания. Питательность 1 кг соломы после обработки повышается с 0,19 до 0,42 корм. ед. Солома, обработанная известью, содержит избыточное количество кальция, потому в рацион животных необходимо включать фосфорную подкормку.

Другим эффективным способом является обработка соломенной резки известью в смеси с каустической содой. При этом способе на 1 т соломы вносят 15—20 кг негашеной извести и столько же каустической соды. Известь и щелочь растворяют в 1—1,2 т воды. Во время закладки в траншею солому послойно смачивают раствором

и уплотняют трактором. Питательность соломы, обработанной таким способом, возрастает примерно в 1,5—2 раза.

Разработана технология обработки соломы аммиачной водой и безводным аммиаком в скирдах. Обработка соломы аммиаком повышает не только общую, но и протеиновую питательность.

При обработке соломы химическими реагентами необходимо пользоваться разработанными рекомендациями.

Наряду с химическими способами обработки соломы применяются механическая, тепловая подготовка, а также силосование в смеси с сочными кормами.

Перспективным может стать и метод подготовки соломы к скармливанию с помощью микроорганизмов.

Рациональное использование соломы достигается при включении ее в количестве 40—50% в состав полнорационных брикетированных или гранулированных кормосмесей. Хорошие результаты получают и при скармливании животным гранулированных кормосмесей, в состав которых включена солома, обработанная щелочью. Рецепты гранулированных или брикетированных кормосмесей и их питательность могут быть различными с учетом их назначения.

Корнеклубнеплоды и бахчевые культуры отличаются высокой влажностью (70—90%). В кормовой свекле, моркови сухое вещество составляет 12—13%, в картофеле — 23, в кормовой тыкве — 10%. Органическая часть этих кормов состоит преимущественно из БЭВ (легкорастворимых сахаров и крахмала). Клетчатки и протеина в них очень мало. Около половины азота протеина приходится на долю амидов.

Благодаря обилию легкопереваримых углеводов и малому содержанию клетчатки корнеклубнеплоды характеризуются хорошей переваримостью и являются диетическим кормом. Из органического вещества корнеплодов жвачные и свиньи переваривают до 85—90%, картофеля — 85 и 93% соответственно.

Энергетическая питательность 1 кг корнеплодов (морковь, кормовая свекла, брюква) составляет в среднем 0,12 корм. ед., полусахарной и сахарной свеклы — 0,17—0,24 корм. ед. Питательность 1 кг картофеля равна 0,31 корм. ед.

В корнеклубнеплодах и сочных плодах содержится достаточное количество водорастворимых витаминов, но только в красных сортах моркови и желтой тыквы содержится каротин.

В связи с высоким содержанием воды и легкорастворимых углеводов корнеклубнеплоды при обычных способах хранения за зиму теряют до 20—25% сухого вещества. Потери эти можно снизить, применив силосование.

Зерновые корма богаты легкопереваримыми питательными веществами и характеризуются высокой энергетической питательностью (в 1 кг 1,0—1,3 корм. ед.). Поэтому их называют концентрированными кормами. По химическому составу эти корма разделяют на богатые углеводами — зерно злаковых (кукуруза, ячмень, овес, рожь, просо и др.) и богатые протеином — зерно бобовых (соя, горох, бобы, вика, люпин и др.).

Зерновые злаковые содержат около 10—14% протеина (8—20%) в зависимости от вида, сорта и условий произрастания. Протеин состоит на 85—90% из белка, в котором отмечается недостаток лизина (выведен сорт кукурузы с высоким содержанием лизина). Зерна злаков содержат много углеводов в форме крахмала (до 70%), немного жира (2—8%) и мало сахара (1—2%). Содержание минераль-

ных веществ колеблется от 1,5 до 4,0%. В золе преобладает фосфор над кальцием. Содержание витаминов в зерне невелико, за исключением витамина Е, тиамина, пантотеновой кислоты и в отдельных культурах холина.

Переваримость органического вещества зерна злаков (кукуруза, пшеница, рожь) высокая (90%), хуже переваривается органическое вещество овса (70%).

Зерновые бобовые богаты протеином, содержание которого составляет 20—33%. Протеин зернобобовых богаче злаковых лизином, но дефицитен по метионину и цистину. Содержание аминокислот в зерне отдельных культур и сортов неодинаково. Переваримость органического вещества и протеина зерновых 85—90%.

В зерне бобовых содержится около 3% золы и в 2,5 раза больше фосфора, чем кальция. Витаминная питательность зерновых культур незначительно отличается от злаковых.

Зерновые корма скармливают в большинстве случаев после различной их подготовки. Так, измельчение зерна повышает его переваримость, а проращивание и дрожжевание увеличивают биологическую ценность. Влаготепловую обработку применяют перед скармливанием зернобобовых (горох, соя), так как в них содержатся антипитательные вещества, снижающие использование протеина этих кормов. Такая обработка инактивирует эти соединения.

Питательная ценность зерновых кормов в процессе хранения даже в благоприятных условиях снижается. При неправильном хранении зерновые корма быстро портятся. Их питательная ценность снижается, и они даже могут стать вредными для животных.

Сохранность питательных веществ зерновых кормов в процессе хранения зависит от влажности при закладке на хранение и условий в период хранения. Сухое зерно (влажность до 14%) может храниться продолжительное время; зерно средней сухости (влажность 14—16%) может удовлетворительно храниться в холодное время года; влажное зерно (15,5—17,0%) перед хранением необходимо подсушить на зерносушилках или активным вентилированием.

Для обеспечения сохранности зерна применяют его химическое консервирование пиросульфитом натрия и растворами органических кислот. Потери питательных веществ при хранении такого зерна незначительны.

Остатки технических производств

В эту группу входят разнообразные кормовые средства, получаемые при переработке сельскохозяйственного сырья для пищевых и технических целей. К их числу относятся остатки мукомольного и крупяного (отруби, кормовая мука, мучная пыль), маслоэкстракционного (жмыхи, шроты), свеклосахарного (жом, патока), крахмалопаточного (мезга) и бродильного (барда, пивная дробина) производств.

Перечисленные кормовые средства отличаются большим разнообразием как по химическому составу, так и по питательности.

Остатки мукомольного производства. Отруби, кормовая мука и мучная пыль являются побочными продуктами при размоле зерна на муку или переработке на крупу.

По химическому составу отруби отличаются от зерна. В них содержится больше протеина, жира, клетчатки и золы, но меньше БЭВ, чем в зерне. Отруби богаты фосфором, бо́льшая часть которого находится в форме труднорастворимого фитина. В отрубях содержится много калия, но мало кальция и натрия. Они также богаты витаминами B_1, B_2, никотиновой кислотой, холином, пантотеновой кислотой.

Энергетическая питательность отрубей зависит от вида перерабатываемого зерна и выхода муки из зерна. В 1 кг пшеничных и ржаных отрубей содержится соответственно 0,71 и 0,76 корм. ед. и 112—114 г протеина.

Кормовая мука отличается от отрубей большим содержанием крахмала и меньшим клетчатки и золы. Отруби и кормовая мука содержат протеин довольно высокой биологической ценности, а также достаточное количество витаминов группы В и витамина Е.

Отруби и кормовая мука вследствие высокого содержания жира и протеина, а также гигроскопичности плохо сохраняются.

Отходы маслоэкстракционного производства. Жмыхи и шроты являются побочными продуктами при переработке семян масличных культур на масло.

Жмыхи — концентрированный высокобелковый корм с довольно большим содержанием жира (4—8%). В шротах содержится меньше жира (1—2,5%), чем в жмыхах, но относительно больше протеина. Энергетическая и протеиновая питательность жмыхов и шротов высока, 0,82—1,28 корм. ед. и 240—430 г переваримого протеина в 1 кг корма.

Кормовое достоинство жмыхов зависит от технологических приемов при извлечении масла. Если перед прессованием для лучшего выделения масла очищенные семена подогревают при высокой температуре (130° С и выше), белок денатурируется, переваримость его понижается, усвояемость аминокислот ухудшается (табл. 24).

24. Питательность жмыхов в зависимости от температурного режима обработки семян

Режим приготовления	Температура нагрева, °С	Лизин, % к сухому веществу	Коэффициент переваримости протеина, %	Содержание в 1 кг	
				переваримого протеина, г	кормовых единиц
Обычный	115—125	2,50	83,4	421	1,23
Мягкий	105—115	2,87	89,8	456	1,33
Жесткий	125—130	1,95	81,0	391	1,19

При переработке семян подсолнечника по схеме двукратного прессования при температуре не выше 115—120° С и влажности мезги 2,5—3,2% получают жмых с высоким процентом растворимых белков. Такие жмыхи имеют высокую кормовую ценность.

Соевый жмых характеризуется высоким содержанием протеина и является хорошим источником лизина, триптофана и глицина. Однако в семенах сои содержатся антипитательные вещества (ингибитор трипсина, ферменты уреаза и липоксидаза), снижающие кормовую ценность жмыхов и шротов. Эти вещества являются термолабильными и в процессе переработки семян сои прессованием под воздействием тепла инактивируются, в связи с чем соевые жмыхи не подвергают дополнительной обработке.

При извлечении масла из семян сои путем экстракции из-за недостаточного теплового воздействия содержание антипитательных веществ в шротах не снижается и применяется дополнительная влаготепловая обработка соевых шротов. В зависимости от температуры и продолжительности обработки не исключено изменение питательной ценности протеина. Применение влаготепловой обработки при извлечении масла из семян хлопчатника для удаления госсипола также влияет на качество протеина.

Учитывая изменения протеина, его аминокислотного состава в результате влаготепловой обработки жмыхов и шротов, А. П. Дмитроченко рекомендует детально контролировать растворимые фракции протеина и его аминокислотный состав при кормлении животных.

Особую осторожность следует проявлять при скармливании конопляных жмыхов в связи с содержанием в них наркотических веществ. Рапсовые, сурепковые и горчичные жмыхи могут содержать горчичные масла, поэтому их скармливают только в ограниченном количестве.

Остатки крахмального, бродильного и свеклосахарного производств: картофельная мезга, барда, пивная дробина, жом представляют собой водянистые продукты, которые по кормовому достоинству уступают исходному сырью (картофель, зерно, свекла). Из-за высокого содержания воды эти остатки быстро портятся. Для лучшего хранения их сушат или консервируют другими способами. Высушенные остатки крахмального, бродильного и свеклосахарного производства относят к концентрированным кормам, сухая барда и пивная дробина по питательности и физиологическому действию сходны с ними. Питательность 1 кг сухой хлебной барды и пивной дробины 0,8 корм. ед. и 120—160 г переваримого протеина. В их золе фосфор преобладает над кальцием.

Жидкие картофельная мезга и свекловичный жом богаты водой (86—98%), бедны протеином и золой. Сухое их вещество состоит главным образом из БЭВ. В 1 кг сухого жома содержится 0,85 корм. ед., 39 г переваримого протеина, 7,9 г кальция и 0,9 г фосфора. Сухой жом используют в составе комбикормов и кормовых смесей.

Прессованный или непрессованный свежий жом силосуют. Кислый жом обогащают азотом, что достигается при его обработке аммиачной водой. Количество протеина в жоме после аммонизации увеличивается вдвое.

Патока или меласса — углеводистый корм, углеводы в котором представлены сахаром. В ней содержится около 20% воды, 9% сырого протеина и около 10% золы с преобладанием калия и натрия. Кальция и фосфора в патоке мало.

Патоку используют для сдабривания грубых кормов, при изготовлении смесей разных кормов, а также при производстве брикетов амидных добавок.

Корма животного происхождения

К кормам животного происхождения относятся: молоко и отходы его переработки (обрат, пахта, сыворотка), побочные продукты мясокомбинатов и птицефабрик (мука кормовая мясная, мясо-костная, кровяная, перьевая), побочные продукты рыбного и морского промыслов (мука рыбная, креветочная, крабовая, из морских млекопитающих).

Корма животного происхождения (за исключением молочной сыворотки) богаты полноценным белком и минеральными веществами. В них содержатся витамины группы В, включая B_{12}.

Молоко и отходы его переработки. Молозиво и цельное молоко являются незаменимыми кормами для молодняка, так как содержат все необходимые питательные вещества в доступной форме. Состав молока зависит от вида животных, породы, условий кормления и в значительной степени от фазы лактации.

Обрат и пахта содержат около 3,5% белка, 4,5—5,7% молочнокислого сахара, около 0,7% золы, очень мало жира и жирорастворимых витаминов. Сухие обрат, пахту и сыворотку включают в состав заменителей цельного молока.

Все белковые молочные корма богаты лизином, метионином и содержат достаточное количество триптофана.

Отходы мясной промышленности. Кормовая ценность этих кормов сильно различается, что объясняется неоднородностью сырья. В мясо-костной муке содержание протеина колеблется от 30 до 60%, жира 9,7—24, золы 16—43%. Энергетическая питательность 1 кг этого корма находится в пределах 0,7—0,89 корм. ед. Переваримость протеина в мясо-костной муке ниже, чем в мясной.

Мясная мука содержит 65—80% протеина, около 10% жира и 1,5—12,5% золы. Энергетическая питательность 1 кг мясной муки высока (1,2—1,31 корм. ед.). Если мука содержит более 12% золы, ее называют мясо-костной.

Кровяная мука содержит около 75% переваримого белка. Все корма этой группы богаты лизином, значительно меньше содержат метионина, цистина и триптофана. Большинство этих кормов богаты витаминами группы В, в том числе витамином B_{12}, и почти не содержат витаминов А и D.

Отходы рыбной промышленности. Рыбную муку готовят из непищевой рыбы и отходов при разделке рыб на консервы. Ее состав колеблется в зависимости от исходного сырья. Рыбная мука, приготовленная из всей тушки, содержит до 65% полноценного протеина, богатого лизином и метионином. Такая мука богата витаминами группы В (B_2, B_4, B_5, B_3 и B_{12}) и содержит некоторое количество витаминов А и D. Рыбная мука богата солями кальция, фосфора и йода. Высокотемпературная сушка рыбы и ее отходов ведет к снижению переваримости и кормовой ценности рыбной муки.

Рассмотренные данные о питательности кормов разных групп позволяют сделать обобщение, что почти каждый корм не имеет полного набора питательных веществ, способного полностью удовлетворить потребности животных, кроме зеленого корма (для определенных групп жвачных животных). Сочетанием кормов в рационах достигается сбалансированность кормления. Если в рационы включают корма пониженного качества, несбалансированность устраняется введением дополнительных подкормок.

Подкормки и добавки

Добавки, восполняющие недостаток протеина. При недостатке протеина в рационы жвачных животных включают карбамид, бикарбонат аммония и сульфат аммония, а также аммиачную воду (1 г карбамида эквивалентен 2,6 г переваримого протеина; 1 г бикарбоната аммония — 0,95 г; 1 г сульфата аммония — 1,2 г переваримого протеина).

При введении указанных добавок — частичных заменителей протеина следует руководствоваться действующими инструкциями.

Для свиней, птицы и молодняка жвачных животных дополнительным источником протеина служат кормовые дрожжи и синтетические аминокислоты (лизин и метионин). В сухих гидролизных дрожжах содержится около 50% протеина, 30—40% БЭВ и много витаминов группы В. Облученные дрожжи являются, кроме того, хорошим источником витамина D.

Углеводные и жировые добавки. В качестве дополнительных источников углеводов могут быть использованы древесная патока и древесный сахар.

Для повышения энергетической питательности рационов птицы и обогащения заменителей цельного молока телятам и поросятам применяется животный жир. Его рекомендуется стабилизировать введением соответствующего количества антиоксидантов.

Минеральные подкормки применяют при недостатке в рационах минеральных элементов. В качестве источников, восполняющих недостаток в рационах кальция, используют мел, известняк, ракушечную муку, озерный ил. При одновременном недостатке в рационе кальция и фосфора применяют костную муку, преципитат, обесфторенные фосфаты. В качестве источника фосфора применяют фосфорно-натриевую соль. Всем животным вводится в рационы поваренная соль, так как большая часть растительных кормов недостаточно содержит натрия и в ряде случаев хлора.

Корма отдельных зон бедны микроэлементами, в таких случаях используют соли микроэлементов. Их вводят в специальные микродобавки (премиксы) или при изготовлении лизунцов включают в их состав.

Витаминные препараты используют при недостаточном содержании витаминов в натуральных кормах рациона. В зимних рационах чаще всего недостает витамина А и каротина, а в северных районах — витамина D. В рационы свиней и птицы наряду с жирорастворимыми витаминами вводят препараты витаминов группы В, в том числе витамина B_{12}. Препараты витаминов следует применять в соответствии с наставлениями об активности витаминов и дозировках их для животных разных видов и групп. Высокоактивные витаминные препараты в сыпучей форме включают в состав премиксов, куда вводят и антиоксиданты.

Проблема рационального использования кормов решается также при скармливании концентратной части рациона в виде комбикормов.

Комбинированные корма

Комбикорма представляют собой смеси заводского приготовления, состоящие из многих компонентов, подобранных на основе научных данных о рациональном питании животных и с расчетом, чтобы содержащиеся в них питательные вещества были более полно использованы животными. Комбикормовая промышленность выпускает полнорационные комбикорма, комбикорма-концентраты, белково-витаминные добавки и премиксы.

Полнорационные комбикорма содержат все необходимые питательные вещества и полностью заменяют рацион. Такие комбикорма выпускаются для птицы и свиней.

Комбикорма-концентраты включают зерно, отруби, жмыхи, рыбную и мясо-костную муку, травяную муку, минеральные соли, витаминные препараты. Эти комбикорма предназначены для скармливания животным в дополнение к грубым и сочным кормам.

Белково-витаминные добавки состоят из смеси высокобелковых кормов, минеральных веществ и витаминов. Используются для включения в комбикорма, производимые в хозяйствах на зерновой основе, и для балансирования рационов, состоящих из зерна и сочных кормов.

Премиксы представляют собой смесь биологически активных веществ (витаминов, микроэлементов, аминокислот, антиоксидантов и др.) и наполнителя (шрот, отруби). Они используются для ввода в комбикорма, белково-витаминные добавки и для обогащения рационов.

Комбикорма вырабатываются в рассыпном, гранулированном и брикетированном виде. При брикетировании комбикорма смесь уменьшается в объеме, делается более транспортабельной, в ней лучше сохраняются питательные вещества.

Большое значение для жвачных животных приобретает брикетирование кормовых смесей с использованием злаково-бобовых трав, зерновых кормов и различных отходов растениеводства и технических производств, минеральных и других добавок.

Тщательный подбор и сочетание кормов в составе брикетов, включение последних в соответствующих количествах в рационы животных повышают эффективность кормления.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОРМОВ

Сено

Сено — необходимый грубый корм в рационах многих животных в зимний стойловый период содержания. Сено высокого качества — хороший источник протеина (из бобовых трав), клетчатки, сахаров, минеральных веществ, каротина, витамина D (сено солнечной сушки), витаминов группы В (из бобовых трав).

Содержание питательных веществ в сене непостоянно и зависит от почвенно-климатических условий, агротехнических приемов, ботанического состава, фазы вегетации растений, технологии приготовления и хранения.

Одно из важных условий получения высококачественного сена — своевременное скашивание трав. Количество заготовляемого сена зависит от высоты скашивания растений. Сеяные травостои рекомендуется скашивать на высоте 5—6 см, естественные — 4—5, отавы — 6—7 см.

Сено, приготовленное из перестоявших трав (поздние сроки вегетации), бедно протеином, сахарами, каротином, содержит большое количество клетчатки. Переваримость его питательных веществ и общее кормовое достоинство невысоки. Качество сена зависит от продолжительности сушки. Скорость испарения влаги неодинакова: в первый период после скашивания она удаляется быстро, затем (при снижении влажности бобовых трав до 50—55%, злаковых до 40—45%) скорость испарения уменьшается. Для удаления связанной воды требуется большее количество тепла. Плющение и ворошение способствуют ускорению сушки трав. При оценке качества сена об-

ращают внимание на внешний вид, цвет, запах, ботанический состав, время уборки трав, влажность, признаки порчи.

Определение внешнего вида, цвета и запаха сена. Внешний вид сена определяют при осмотре всей партии при естественном дневном освещении. Чаще всего его определяют при отборе средней пробы сена на месте хранения, обращая при этом внимание на однородность и признаки порчи.

Цвет сена определяют при осмотре всей партии или по отдельным пучкам, взятым из скирд, а у прессованного по внутренним слоям кип. Сено хорошего качества имеет зеленый цвет с различными оттенками. Сено естественных сенокосов должно иметь окраску от светло- до темно-зеленой. Сено из злаковых трав имеет некоторую серую окраску, бобовое и бобово-злаковое сеяное сено — зеленую или зеленовато-желтую или светло-бурую, чисто люцерновое — зеленую окраску.

Светло-желтый цвет обычно имеет сено из перестоявших злаковых трав, подмокших во время уборки; клеверное — коричневый; злаковое — белесый цвет после длительного нахождения скошенной травы на солнце. Сено, сложенное в скирды с повышенной влажностью, в результате самосогревания приобретает темно-бурый или темно-коричневый цвет с признаками горелости.

Запах сена определяют органолептически. Свежее сено хорошего качества имеет приятный ароматный свежий запах. Запах обусловлен присутствием в нем таких растений, как донник, душистый колосок, тысячелистник, мята и др. Запах сена особенно сильно выражен в первые 2—3 мес хранения и обусловлен выделением эфирных масел при разложении органических веществ. При хранении свыше года запах сена ослабевает, а после двух лет исчезает. Сено из перестоявших растений и долго лежавшее в прокосах быстро теряет запах.

Влажное, сильно согревшееся в стогу сено приобретает запах свеженеспеченного хлеба (при согревании до 60° С оно имеет резкий и кислый запах).

Сено плохого качества имеет запах плесени, гнили, затхлости. Такой запах оно обычно приобретает при закладке в дождливую погоду. Выраженный запах горелого — признак согревания сена до 80° С. Почерневшее сено со слизью имеет навозный, гнилостный, землистый запах. Если нельзя точно установить запах при наружном осмотре, берут 50—100 г сена в сосуд объемом 1 л, заливают горячей водой, полностью смачивая навеску сена, и накрывают стеклом. Через 2—3 мин сливают воду и определяют запах разогретого сена.

Согласно действующему стандарту (ГОСТ 4808—75), сено по внешнему виду и запаху должно соответствовать доброкачественному сену, не иметь признаков горелости, а также затхлого, плесневого, гнилостного и других посторонних запахов.

Время уборки. Качество сена зависит от фазы вегетации скошенных растений. По государственному стандарту (ГОСТ 4808—75) для получения сена используют посевы многолетних и однолетних бобовых и злаковых трав в чистом виде и их смеси, а также травостои природных сенокосов, скошенные не позднее массового цветения бобовых и до начала цветения злаков.

В сене хорошего качества имеются цветочные пленки у злаковых и цветки у бобовых культур, у осоковых отсутствуют семенные мешочки. Сено из бобовых трав считается убранным в полном цвету, если семена встречаются только в двух-трех нижних соцветиях.

Сено ранней уборки отмечается зеленой окраской всех стеблей злаковых, имеет приятный ароматный запах. В нем встречаются растения, цветущие ранней весной: незабудки, лютики и др.

В сене из трав, скошенных с запозданием, в нижних колосках соцветий злаковых имеются несформировавшиеся семена, бобы у бобовых, отцветшие части у бобовых и разнотравья, семенные мешочки у осоковых. Такое сено грубовато, имеет слегка желтоватую окраску, обладает слабым ароматом.

В сене, приготовленном из перестоявших трав, имеются созревшие семена злаковых и бобы бобовых трав. Нижняя часть стебля злаковых трав без листьев, соломенно-желтого или бурого цвета; стебель у бобовых трав коричневого цвета.

Признаки порчи устанавливают по присутствию в образце сена сорной примеси: ила, песка, плесневелой пыли, затхлого горелого и плесневелого сена или по наличию спорыньи, ржавчины и т. д. Несвежий затхлый запах имеет сено, попавшее под дождь во время сушки или уложенное недосушенным, а также самосогревающееся сено. Пыльность характерна для плесневелого, испорченного или сильно пересушенного сена.

Горелость определяют осмотром средних слоев сена из кип и стогов. Она характерна для сена с бурой темной окраской, имеющего медовый запах. При наличии спорыньи вместо семян злаковых трав (костер, лисохвост, мятлик, пырей, овес, пшеница, рожь, тимофеевка, ячмень и др.) имеются рожки темно-фиолетового цвета. При поражении ржавчиной листья и стебли покрываются точками и полосками красного, оранжевого или желтого цвета. Колоски как бы изъедены насекомыми. После созревания спор пятна имеют черный цвет. Спорыньей, головней и ржавчиной травы чаще поражаются во влажные годы.

Головня поражает метелки и колоски. При этом семена превращаются в черную пачкающуюся массу с неприятным селедочным запахом. Допустимое количество головни в сене до 0,2%.

Определение ботанического состава сена. Отбирают пробу сена массой 400—500 г, 3—4 раза встряхивают для отделения частей растений длиной 2—3 см и сорной примеси, а оставшуюся часть взвешивают. Навеску сена разбирают на шесть групп (бобовые, злаковые, разнотравье съедобное, осоки, несъедобные травы, ядовитые и вредные травы).

Выделенные группы растений взвешивают отдельно. Массу каждой группы выражают в процентах от массы пробы, взятой для анализа. Вредных и ядовитых трав в сене не должно быть более 1%. Масса отдельных пучков ядовитых трав не должна превышать 200 г, вредных — 500 г.

К ядовитым и вредным растениям относят: авран аптечный, белену черную, белокрыльник болотный, болиголов пятнистый, вех ядовитый, горчак ползучий, дурман обыкновенный, звездчатку злачную, калужницу болотную, лютик, мордовник степной, наперстянку, полынь таврическую, плевел опьяняющий, термопсис ланцетолистный, хвощ болотный, хвощ полевой, хвощ топяной, чемерицу Лобеля, чистец однолетний, чистотел большой.

К грубым несъедобным растениям относятся: бодяг (колючие виды), вахта трехлистная, зверобой, вязник, камыш, колючник, льнянка обыкновенная, лук, чеснок, мытник, мох, осока (пузырчатая, береговая, дернистая и нитевидная), полынь мелкая, папоротник, таволга вязолистная, чертополох, щавель, хвощ.

25. Показатели оценки питательности и качества сена (ГОСТ 4808—75)

Наименование показателей	Характеристика и нормы для сена					
	сеяного бобового			сеяного злакового		
	классы					
	1	2	3	1	2	3
Содержание бобовых растений, % (не менее)	90	75	60	—	—	—
Содержание злаковых и бобовых растений, % (не менее)	—	—	—	90	75	60
Содержание влаги, % (не более)	17	17	17	17	17	17
Содержание сырого протеина, % (не менее)	14	10	8	10	8	6
Содержание каротина, мк/кг (не менее)	30	20	15	20	15	10
Содержание клетчатки, % (не более)	27	29	31	28	30	33
Содержание минеральной примеси, % (не более)	0,3	0,5	1,0	0,3	0,5	1,0
Содержание ядовитых и вредных растений, % (не более)	—	—	—	—	—	—

Продолжение

Наименование показателей	Характеристика и нормы для сена					
	сеяного бобово-злакового			естественных сенокосов		
	классы					
	1	2	3	1	2	3
Содержание бобовых растений, % (не менее)	50	35	20	—	—	—
Содержание злаковых и бобовых растений, % (не менее)	—	—	—	80	60	40
Содержание влаги, % (не более)	17	17	17	17	17	17
Содержание сырого протеина, % (не менее)	11	9	7	9	7	5
Содержание каротина, мк/кг (не менее)	25	20	15	20	15	10
Содержание клетчатки, % (не более)	27	29	32	28	30	33
Содержание минеральной примеси, % (не более)	0,3	0,5	1,0	0,3	0,5	1,0
Содержание ядовитых и вредных растений, % (не более)	—	—	—	0,5	1,0	1,0

Влажность сена определяют в лабораторных условиях. Согласно ГОСТ, она не должна превышать 17% (в весенний период до 20%).

В условиях хозяйств влажность сена определяют ориентировочно органолептически. Пересушенное сено (менее 15% воды) легко ломается, дает много трухи, на ощупь жесткое. Влажное сено (20%) при скручивании в жгут не создает звука, легко скручивается. При сжимании пучка в ладони ощущается свежесть. При скручивании жгута сырого сена (23%) выступает влага на поверхности стеблей.

На сено введен стандарт — ГОСТ 4808—75. Согласно ему, сено разделяют на виды: сеяное бобовое, сеяное злаковое, сеяное бобово-злаковое и сено естественных сенокосов. Каждый вид делят на три класса в зависимости от содержания бобовых и злаковых растений, а также учитывают качество сена в зависимости от содержания влаги, сырого протеина, клетчатки, каротина. В стандарте указаны допустимые количества минеральной примеси, а также содержание ядовитых и вредных растений (табл. 25).

В сене естественных сенокосов в числе злаковых и бобовых растений допускается щучка дернистая, белоус торчащий, вейник наземный, манник наплывающий и водяной в количестве не более 50%.

При хранении сена свыше 6 мес показатель содержания каротина не является основанием для перевода сена в последующий класс или в неклассное.

Травяная мука

Травяную муку получают из искусственно высушенных бобовых трав (клевер, люцерна), а также из бобово-злаковых травосмесей. Для бесперебойной работы сушильных агрегатов в хозяйствах необходимо организовать зеленый конвейер, четко наметить очередность и объем скашивания культур для приготовления травяной муки.

В травяной муке, приготовленной на высокотемпературных сушильных агрегатах, почти полностью сохраняются питательные вещества. Содержание питательных веществ и качество травяной муки во многом зависят от времени уборки трав. Бобовые травы рекомендуется скашивать не позднее полной бутонизации растений, злаковые — не позднее начала колошения.

Злаковые травы убирают при высоте растений 40—50 см. Для искусственной сушки трав применяют сушильные агрегаты АВМ-0,4А, АВМ-0,65, АВМ-1,5А и СБ-1,5. Для сушки используют как свежескошенную зеленую массу, так и предварительно провяленную в поле. При сушке свежескошенных растений получают травяную муку с более высоким содержанием каротина, лучше обеспечивается ритмичность работы сушильного агрегата, но на испарение воды растений расходуется много топлива.

При предварительном провяливании зеленой массы в поле до 70% влаги расход топлива сокращается на 40%, повышается производительность сушильных агрегатов, но при этом часть каротина (20—25%) разрушается. Провяливание трав рекомендуется проводить, если влажность растений превышает 78%, а также при производстве резки для жвачных животных. При искусственном высушивании трав необходимо постоянно контролировать влажность травяной муки, которая должна быть в пределах 8—12%. Травяную муку производят в гранулированном или рассыпном виде с антиокислителями или без них.

Режим сушки зависит от вида культур и их влажности. Температура отработанных газов на выходе из большого циклона должна составлять 100—115° С. Пересушивание зеленой массы ведет к снижению переваримости питательных веществ и увеличению потерь каротина. Различие в технологии производства травяной резки и травяной муки заключается в том, что в первом случае из большого циклона сушильного агрегата сухая масса попадает не в дробилку, а пневмотранспортером в прицеп 2ПТС-4-887А с объемом кузова 45 м³. Прицеп с травяной мукой выдерживают не менее 16 ч (в целях противопожарной безопасности), а затем перевозят к месту хранения. Резка должна иметь влажность не выше 12%. Питательные вещества и витамины лучше сохраняются при гранулировании травяной муки и брикетировании травяной резки.

Одним из важных показателей качества травяной муки является содержание каротина, количество которого может значительно изменяться в зависимости от способа хранения. Потери каротина увеличиваются при пересушивании травяной муки (влажность ниже 8%), а также если травяная мука перед укладкой на хранение не охлаждена до температуры окружающего воздуха и подвергается действию солнечного света. Повышенное содержание влаги (более 12%) также ведет к потере каротина и снижению питательности травяной муки.

Травяную муку затаривают в тканевые, бумажные или полиэтиленовые светонепроницаемые мешки, которые должны быть чистыми, сухими, без постороннего запаха, не зараженными амбарными вредителями. Допускается хранение гранулированной травяной муки насыпью слоем высотой до 6 м. В процессе хранения систематически контролируют температуру в слое гранул. При повышении температуры корма до 40° С и выше следует быстро выгрузить из хранилища разогревшиеся гранулы и охладить их до температуры окружающего воздуха.

Снизить потери каротина в травяной муке можно путем введения антиоксидантов сантохина или дилудина из расчета 200 г на 1 т корма. Сантохин предварительно смешивают с техническим (кормовым) жиром первого сорта из расчета 30 кг на 1 т муки. Его можно применять и в виде водной эмульсии, смешивая с равным количеством эмульгатора ВНИИЖ-1 (выпускаемого маргариновой промышленностью) и добавляя воду из расчета 20—30 л на 1 т муки. Антиоксидант, растворенный в жире или в виде водной эмульсии, через форсунку разбрызгивают в большой циклон сушильного агрегата.

При использовании в качестве антиоксиданта дилудина его предварительно разбавляют водой. В емкости с суспензией дилудина устанавливают мешалку, чтобы он не выпадал в осадок. Введение антиоксидантов при производстве гранулированной или рассыпной травяной муки способствует снижению потерь каротина в 1,5—2,5 раза в течение 6 мес хранения. Потери каротина можно снизить, если хранить травяную муку в герметически закрывающихся хранилищах.

При хранении гранулированной травяной муки в емкости часто остается много воздуха, что приводит к значительным потерям каротина. Рекомендуется оставшийся в хранилище воздух вытеснять инертными газами: углекислым газом, азотом или их смесью. Содержание свободного кислорода в емкостях должно быть в пределах 2—3% в течение всего периода хранения гранул. При описанном

способе хранения травяной муки каротин сохраняется на 85—95% в течение длительного времени хранения (6—10 мес). На гранулы травяной муки, хранящиеся в герметично закрывающихся емкостях, можно положить слой свежей зеленой массы из расчета 5% к весу гранул. В плотно закрытой емкости зеленая масса поглощает кислород, оставшийся в хранилище, и повышает содержание углекислого газа до 20—30%. Для предупреждения увлажнения гранул рекомендуется положить на них деревянную решетку. Хранить гранулированную травяную муку можно и в бетонных траншеях, разделенных на секции. Гранулы покрывают слоем свежей зеленой массы, а затем полиэтиленовой пленкой.

Качество травяной муки определяют по внешним признакам, обращая внимание на цвет, запах, крупность размола, диаметр и длину гранул. Кроме того, в травяной муке определяют содержание ка-

26. Требования государственного стандарта на травяную муку (ГОСТ 18691—73)

Показатели	Характеристика и нормы для классов				
	1	2	3	4	5
Внешний вид	Однородная, без посторонних включений и плесени масса				
Цвет	Темно-зеленый			Зеленый	
Запах	Специфический, свойственный травяной муке, не затхлый, без посторонних запахов				
Содержание каротина в 1 кг муки, мг (не менее)	230	180	150	120	80
Содержание сырого протеина, % (не менее)	20	16	15	14	12
Содержание клетчатки, % (не более)	22	24	27	30	35
Содержание влаги, %:					
в рассыпной муке	8—12	8—12	8—12	8—12	8—12
в гранулах	8—13	8—13	8—13	8—13	8—13
Крупность размола (остаток на сите с отверстиями диаметром 3 мм), % (не более)	10	10	10	10	10
Диаметр гранул, мм	10—14	10—14	10—14	10—14	10—14
Длина гранул, мм	15—25	15—25	15—25	15—25	15—25
Прочность гранул, % (не менее)	95	90	90	85	80
Металломагнитные примеси с небольшими краями размером до 2 мм в 1 кг муки, мг (не более)	30	30	30	30	30
Металлические примеси размером более 2 мм и с острыми краями	Не допускаются				
Содержание песка, % (не более)	1	1	1	1	1

ротина, сырого протеина, клетчатки, влаги. В зависимости от качества травяную муку делят на пять классов.

По органолептическим и физико-химическим показателям травяная мука должна отвечать требованиям и нормативам государственного стандарта — ГОСТ 18691—73 (табл. 26).

Травяную муку вводят в полнорационные комбикорма для птицы и поросят в количестве 2—7%, в комбикорма для супоросных и подсосных маток — 5—10%, в рационы телят в возрасте 3—6 мес — 0,3—0,5 кг, коров — 1—2 кг.

Витаминную муку получают также из искусственно высушенной древесной зелени, представляющей собой совокупность листьев или хвои и частично одревеснев ших побегов диаметром в месте среза до 6 мм. Витаминную муку из древесной зелени можно приготавливать из деревьев следующих видов: хвойно-витаминная мука из древесной зелени ели, сосны, кедра, пихты сибирской; мука лиственно-витаминная из древесной зелени березы, осины, серой ольхи, ивы.

Для приготовления витаминной муки следует использовать только свежую древесную зелень, не загрязненную посторонними приме-

27. Качественные показатели витаминной муки из древесной зелени (ГОСТ 13797—68)

Наименование показателей	Нормы для муки					
	хвойно-витаминной			лиственно-витаминной		
	Сорта					
	высший	первый	второй	высший	первый	второй
Содержание каротина, мг/кг муки (не менее)	90	75	60	180	150	120
Содержание сырой клетчатки, % (не более)	32	32	32	28	28	28
Содержание сырого протеина, % (не менее)	Не нормируется			9	9	9
Влажность, %	От 8 до 12			От 8 до 12		
Крупность (остаток на сите с отверстиями диаметром 2 мм), % (не более)	5	5	8	5	5	5
Содержание металломагнитных примесей размером (по наибольшему измерению) до 2 мм, мг/кг муки (не более)	10	10	10	10	10	10
Содержание песка, % (не более)	1	1	1	1	1	1

Примечания: 1. Витаминная мука из зелени сосны должна содержать не более 35% сырой клетчатки.

2. Для витаминной муки из зелени березы остаток на сите с отверстиями 2 мм допускается не более 8%.

3. В рационы цыплят хвойную муку вводят в количестве 3%, в рационы коров — 1,5—2 кг.

сями, а также древесную зелень сосны и пихты, обработанную водяным паром.

Витаминную муку из древесной зелени хвойных пород (кроме сосны) можно производить круглый год, из древесной зелени сосны — с 15 июня по 31 марта. Муку из древесной зелени лиственных пород заготавливают летом.

Заготовленная древесная зелень должна перерабатываться в витаминную муку при минусовой температуре воздуха в течение 15—30 дней, при плюсовой 3—7 дней для хвойных пород и 1—3 дня для лиственных пород.

Качество витаминной муки из древесной зелени оценивают по ее цвету, запаху, содержанию каротина, сырого протеина, клетчатки, влаги.

Цвет должен быть зеленый или темно-зеленый из свежезаготовленной древесной зелени, а при предварительной обработке водяным паром зелено-коричневый или темно-коричневый. Запах должен быть специфический, свойственный исходному сырью.

Согласно требованию Государственного стандарта, витаминная мука (хвойная и лиственная) должна подразделяться на три сорта: высший, первый и второй (ГОСТ 13797—68) (табл. 27).

Силос

Качество силоса в условиях хозяйства оценивают по основным органолептическим признакам: цвету, запаху и структуре засилосованных растений.

В лаборатории, кроме внешних признаков доброкачественности силоса, определяют влажность, активную кислотность (pH), содержание аммиака, количество и соотношение органических кислот (молочной, уксусной и масляной), содержание каротина.

Цвет. Силос хорошего качества имеет цвет растений, из которых он приготовлен. Легкий буроватый оттенок свойствен любому силосу и не является отрицательным признаком. В зависимости от вида засилосованных растений доброкачественный силос может иметь различную окраску: желтовато-зеленую, оливковую, желтую, серовато-зеленую, коричнево-зеленую. При перегреве (выше 55° С) силос приобретает бурый цвет. Силос плохого качества имеет грязно-зеленый, темно-бурый или черный цвет.

Запах. Доброкачественный силос должен иметь ароматный, бесследно исчезающий при его растирании в руках, запах. Силос приобретает запах меда, если приготовлен горячим способом при разогреве массы до температуры 45—55° С, и запах ржаного хлеба при нагреве до 65—70° С. Силос ниже среднего качества имеет запах уксуса, усиливающийся с потерей доброкачественности. Недоброкачественный силос может иметь запах прогоркло го масла, редьки, селедки (образуется триметиламин), едкий аммиачный, навозоподобный, долго не исчезающий при растирании силоса пальцами (это свидетельствует о присутствии масляной кислоты и продуктов распада белка).

Структура. В доброкачественном силосе сохраняется структура засилосованных растений. В нем легко различить частицы листьев, цветов, стеблей, они эластичны и легко отделяются друг от друга. Испорченный силос имеет консистенцию слизистой мажущейся массы.

Активная кислотность силоса (pH) оказывает большое влия-

ние на его качество (за исключением силоса из провяленных трав). Силос высокого качества имеет pH в пределах 3,9—4,3. При более высоких величинах pH в нем могут содержаться масляная кислота и начаться процессы гниения белка. Недостаточно хороший силос имеет pH 4,4—4,6, испорченный — 6,0—7,0 (содержит большое количество аммиака).

Для определения активной кислотности необходимо получить вытяжку. Для этого небольшое количество мелкоизмельченного силоса помещают в стакан и заливают небольшим количеством дистиллированной воды комнатной температуры, предварительно прокипяченной в течение 30 мин. Содержимое стакана настаивают при периодическом перемешивании 15—20 мин, затем фильтруют. В фильтрате активную кислотность силоса определяют специальной индикаторной бумагой или более точным электрометрическим методом (с помощью различных pH-метров).

Определение аммиака. Содержание аммиака — один из показателей качества силоса. Аммиак образуется при гнилостном распаде белка. При этом происходит потеря протеина и, кроме того, он нейтрализует образовавшиеся кислоты, создавая дополнительную буферность, что приводит к получению недоброкачественного силоса.

Принцип метода. В замкнутом пространстве чашки Конвея аммиак, выделенный при слабом подщелачивании настоя силоса, улавливается титрованной серной кислотой.

Посуда и реактивы. Чашка Конвея, состоящая из стеклянной чашки (типа чашки Петри) с толстым бортом, с внутренней камерой в середине; чашка Конвея закрывается крышкой в виде стеклянной пластинки со шлифом; микробюретка; пипетка на 1 и 2 мл; термостат; касторовое масло или вазелин; 0,01 н. раствор серной кислоты; насыщенный раствор углекислого калия; 0,01 н. раствор едкого натра; 0,1%-ный водный раствор конгорота (или 0,1%-ный водный раствор метилоранжа).

Ход определения. Для приготовления вытяжки пробу силоса измельчают, а затем растирают в ступке с добавлением нескольких капель толуола (для устранения распада азотистых веществ). Навеску 20 г переносят в колбочку емкостью 200 мл и добавляют дистиллированной воды до метки. Колбу оставляют на 1,5—2 ч при температуре 20—25° С, периодически встряхивая, затем вытяжку фильтруют через сухой фильтр (для определения аммиака можно использовать вытяжку силоса, приготовленную для определения кислот).

Во внутреннюю камеру чашки Конвея пипеткой наливают точно 2 мл 0,01н. раствора серной кислоты и 3—5 капель индикатора.

Во внешнюю камеру вносят 2 мл водной вытяжки силоса. Бортик чашки Конвея смазывают касторовым маслом или вазелином.

Чашку закрывают, оставляя небольшую щель для введения кончика пипетки во внешнюю камеру. В последнюю вливают 1 мл насыщенного раствора углекислого калия и быстро закрывают, притерев крышку.

Чашку несколько секунд вращают на поверхности стола (для перемешивания жидкостей). Длительность выдерживания чашки зависит от количества аммиака в испытуемом растворе и температуры. Обычно при комнатной температуре чашку оставляют на ночь, а при 35—40° С ставят в термостат на 2 ч.

Вынув чашку из термостата, снимают с нее крышку и содержимое внутренней камеры титруют из микробюретки 0,01 н. раствором

NaOH до желтого окрашивания (индикатор метилоранж), до красного (конгорот).

Для исключения аммиака, поглощенного из воздуха, необходимо одновременно с каждой партией определений ставить по 2—3 контрольные пробы. Для этого во внешнюю камеру чашки помещают вместо испытуемой вытяжки силоса дистиллированную воду в том же количестве. Далее с контрольной пробой поступают так же, как и с испытуемой вытяжкой силоса.

Вычисление результатов проводят по формуле:

$$x = \frac{(a - b)\,T \cdot 0,14 \cdot 100}{H},$$

где x — содержание аммиачного азота, мг%; a — количество 0,01 н. NaOH, израсходованное на титрование 0,01 н. серной кислоты в контрольной чашке, мл; b — количество 0,01 н. NaOH, израсходованное на титрование 0,01 н. серной кислоты в пробе с силосной вытяжкой, мл; T — поправка к титру 0,01 н. NaOH; 100 — коэффициент для перевода в проценты; 0,14 — количество азота (мг), эквивалентное 1 мл 0,01 н. серной кислоты, израсходованной на связывание аммиака; H — навеска силоса, соответствующая объему раствора, взятого для определения.

О доброкачественности силоса судят по проценту аммиачного азота от общего его количества в силосе. Так, хороший силос содержит менее 10% азота аммиака, удовлетворительный — до 15%, а содержание азота аммиака свыше 15—20% указывает на низкое его качество.

Пример. На титрование 0,01 н. раствора серной кислоты в контрольной пробе пошло 0,01 н. NaOH — 1,95 мл; с силосной вытяжкой — 1,50 мл; T — 1,06; H — 0,2 г (1 мл настоя соответствует 0,1 г силоса).

$$x = \frac{(1,95 - 1,50) \cdot 1,06 \cdot 0,14 \cdot 100}{0,2} = 33,39 \text{ мг\%} = 0,03339\%.$$

Если в силосе содержится 3,20% протеина (определен предварительно), то азота в нем будет 0,512% (3,20 : 6,25). Азот аммиака по отношению к общему азоту составит:

$$\begin{array}{l} 0,512 - 100\% \\ 0,03339 - x \end{array} \qquad x = \frac{0,03339 \cdot 100}{0,512} = 6,52\%.$$

В данном случае по содержанию аммиачного азота силос является доброкачественным.

Определение молочной, уксусной и масляной кислот в силосе методом Леппера—Флига. Данным методом определяют суммарное количество свободных и связанных кислот в силосе. Метод основан на способности уксусной и масляной кислот отгоняться с водяным паром при нагревании водного настоя силоса в строго определенных количествах. Кислоты оттитровывают щелочью.

Реактивы, посуда, оборудование. Окись кальция ч. д. а., 10%-ный водный раствор; медь сернокислая 5-водная ч. д. а., 10%-ный водный раствор; раствор двухромовокислого калия (67 г $K_2Cr_2O_7$ ч. д. а. растворяют в дистиллированной воде при слабом подогревании и охлаждают до комнатной температуры, добавляют 45 мл серной кислоты (плотность 1,84 г/см³), а затем доводят ди-

стиллированной водой до 1 л); 0,05 н. раствор NaOH готовят из фиксанала; серная кислота х. ч., 50%-ный раствор; раствор фенолфталеина (1 г фенолфталеина растворяют в 100 мл 70%-ного этилового ректификованного или синтетического спирта); пемза прокаленная; холодильники Либиха прямые длиной 40 см; круглые плоскодонные колбы на 500 мл со шлифами (ГОСТ 10394—72); круглые плоскодонные колбы без шлифов на 1000 мл; бюретки на 10 мл (ГОСТ 20292—74) или цилиндры мерные на 10—20 мл; стеклянные воронки диаметром 12—15 см; мерные цилиндры на 250 мл; колбы мерные на 50, 100, 250 и 1000 мл; конические колбы на 100 и 200 мл; технические весы (погрешность взвешивания ±0,1 г); колбонагреватели на 300 Вт и 200 В; штативы; фильтровальная лабораторная бумага марки ФНБ.

Ход определения. Среднюю пробу силоса мелко измельчают, перемешивают, берут навеску массой 100 г, помещают в колбу вместимостью 1000 мл, заливают до метки дистиллированной водой. Закрывают пробкой и встряхивают, после чего ставят в прохладное место для настаивания на 12 ч (обычно на ночь). По истечении этого времени содержимое колбы перемешивают. Вытяжку фильтруют через вату в широкогорлой воронке или через сухой складчатый фильтр.

Для осаждения сахаров 200 мл полученного фильтрата вносят в мерную колбу вместимостью 250 мл, автоматической бюреткой или при помощи цилиндра добавляют 20 мл взвеси окиси кальция и 10 мл раствора сернокислой меди, встряхивают и оставляют на 1 ч. Затем дистиллированной водой доводят объем жидкости до метки, перемешивают и фильтруют через сухой складчатый фильтр в сухую колбу. Полученный фильтрат используют для исследования.

200 мл обессахаренного фильтрата помещают в круглую плоскодонную отгонную колбу вместимостью 500 мл, добавляют для перевода связанных кислот в свободные 5 мл 50%-ного раствора серной кислоты и 4—5 кусочков пемзы для равномерного кипения. Содержимое колбы взбалтывают, соединяют ее с прямым холодильником Либиха и нагревают.

Проводят отгон сначала 100 мл в течение 20—30 мин с момента закипания жидкости (дистиллят первый), затем, не прерывая отгона, отгоняют в другую колбу еще 50 мл в течение 10—15 мин (дистиллят второй). (Следить за скоростью дистилляции). В качестве приемника используют мерные колбы вместимостью 100 и 50 мл с притертыми пробками. После отгона дистиллятов колбочки немедленно должны быть плотно закрыты.

После отгона первого и второго дистиллятов в отгонную колбу к остатку жидкости приливают 55 мл раствора двухромовокислого калия для окисления молочной кислоты в уксусную (не допускать попадания двухромовокислого калия на шлиф) и 100 мл дистиллированной воды.

Жидкость в колбе нагревают до кипения и затем отгоняют в мерную колбу 50 мл дистиллята и в течение 10—15 мин получают третий дистиллят. Все дистилляты переносят в конические колбы. Мерные колбы ополаскивают 10—15 мл воды, которую сливают в колбы с дистиллятами. Дистилляты титруют 0,05 н. раствором NaOH в присутствии нескольких капель фенолфталеина до слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Количество щелочи, израсходованной на титрование, умножают на 1,25 (при обессахаривании 200 мл фильтрата реактивами и во-

28. Требования к качеству кукурузного силоса

Показатель качества и зона страны	Характеристика и норма для классов		
	1	2	3
Запах	Приятный фруктовый, запах квашеных овощей		Допускается слабый запах меда, свежеиспеченного ржаного хлеба, уксусной кислоты
Содержание сухого вещества, % (не менее):			
для Азербайджанской ССР, Армянской ССР, Грузинской ССР, Молдавской ССР, Таджикской ССР, Туркменской ССР, Узбекской ССР, Дагестанской АССР, Кабардино-Балкарской АССР, Калмыцкой АССР, Северо-Осетинской АССР, Чечено-Ингушской АССР, Краснодарского и Ставропольского краев, Алма-Атинской, Астраханской, Волгоградской, Ворошиловградской, Гурьевской, Джамбулской, Днепропетровской, Донецкой, Запорожской, Крымской, Кзыл-Ординской, Кировоградской, Николаевской, Одесской, Ростовской, Херсонской, Чимкентской областей (I зона)	32	30	25
для Киргизской ССР, Актюбинской, Белгородской, Воронежской, Винницкой, Житомирской, Закарпатской, Ивано-Франковской, Карагандинской, Киевской, Липецкой, Львовской, Полтавской, Ровенской, Саратовской, Сумской, Тамбовской, Тернопольской, Тургайской, Уральской, Харьковской, Хмельницкой, Черниговской, Черновицкой, Черкасской областей (II зона)	25	23	21
для остальных республик. краев, областей (III зона)	18	15	12
Каротин в сухом веществе, мг/кг (не менее):			
I зона	20	20	10
II »	40	30	20
III »	40	40	40
Концентрация водородных ионов (pH):			
I зона	4,0—4,3	3,9—4,3	3,8—4,5
II »	3,9—4,3	3,8—4,3	3,8—4,5
III »	3,8—4,3	3,7—4,3	3,6—4,4
Содержание молочной кислоты от общего количества (молочной, уксусной, масляной) кислот, % (не менее):			
I зона	55	50	40
II »	55	50	40
III »	50	50	40
Содержание масляной кислоты в силосе, % (не более) (I—III зоны)	0,1	0,2	0,3
Содержание сырой золы в сухом веществе силоса, % (не более) (I—III зоны)	10	12	15

29. Требования к качеству силоса (кроме кукурузного)

Показатели качества	Характеристика и норма для классов		
	1	2	3
Запах	Приятный фруктовый запах квашеных овощей		Допускается слабый запах меда, свеженспеченного ржаного хлеба, уксусной кислоты
Содержание сухого вещества, % (не менее) в силосе:			
из подсолнечника, топинамбура	18	15	12
из однолетних свежескошенных трав	25	20	15
из провяленных трав	30	30	30
Содержание сырого протеина в сухом веществе, % (не менее) в силосе:			
из бобовых трав	14	12	10
из бобово-злаковых трав и смесей других растений с бобовыми	12	10	8
из злаковых трав, сорго, подсолнечника, других растений и их смесей	10	8	8
Содержание каротина в сухом веществе, мг/кг (не менее)	60	40	30
Содержание сырой золы в сухом веществе, % (не более) в силосе:			
из подсолнечника, топинамбура	13	15	17
из прочих растений	11	13	15
Концентрация водородных ионов (pH)	3,9—4,3	3,9—4,3	3,8—4,5
Содержание молочной кислоты от общего количества (молочной, уксусной, масляной) кислот, % (не менее)	50	40	20
Содержание масляной кислоты в силосе, г% (не более)	0,1	0,2	0,3

Примечание. В силосе, приготовленном из провяленных трав, pH не определяют.

30. Требования к качеству силоса с консервантами

Показатели качества	Характеристика и норма для классов		
	1	2	3
Запах	Приятный фруктовый, запах квашеных овощей		Допускается слабый запах меда, свежеиспеченного ржаного хлеба, уксусной кислоты
	Допускается для всех классов специфический запах консерванта		
Содержание сухого вещества, % (не менее) в силосе:			
из подсолнечника, топинамбура	18	15	12
из кукурузы	18	15	12
из многолетних и однолетних трав и их смесей	20	18	15
Содержание сырого протеина в сухом веществе, % (не менее) в силосе:			
из бобовых трав	15	13	11
из бобово-злаковых трав и смесей других растений с бобовыми	13	11	9
из злаковых трав, сорго, подсолнечника и других растений	11	9	9
Содержание каротина в сухом веществе, мг/кг (не менее) в силосе:			
из многолетних трав	80	70	50
из кукурузы и прочих растений	70	60	40
Содержание сырой золы в сухом веществе, % (не более) в силосе:			
из подсолнечника и топинамбура	13	15	17
из прочих растений	11	13	15
Концентрация водородных ионов (pH)	3,8—4,3	3,8—4,3	3,7—4,5
Содержание молочной кислоты от общего количества кислот (молочной, уксусной, масляной), % (не менее)	55	50	40
Содержание масляной кислоты в силосе, г% (не более)	0,1	0,1	0,2

Примечания. 1. В силосе, приготовленном с применением пиросульфита натрия, pH не определяют.

2. В силосе, законсервированном пропионовой кислотой или ее смесями с другими кислотами, количество масляной кислоты не определяют.

дой доводили до объема 250 мл, а для получения дистиллятов брали только 200 мл обессахаренного фильтрата). Полученные количества миллилитров 0,05 н. щелочи, пошедшие на титрование первого дистиллята, обозначаем $Д_1$, второго — $Д_2$, третьего — $Д_3$.

Количество кислот в процентах определяют по следующим формулам:

% уксусной $= 0{,}096\ Д_2 - 0{,}021\ Д_1$;

% масляной $= 0{,}043\ Д_1 - 0{,}068\ Д_2$;

% молочной $= 0{,}123\ Д_3 - 0{,}046\ Д_2 + 0{,}006\ Д_1$.

Пример. Количество 0,05 н. раствора щелочи (мл), пошедшее на титрование, было следующим: $Д_1 = 17{,}2 \cdot 1{,}25 = 21{,}5$; $Д_2 = 10{,}6 \times 1{,}25 = 13{,}25$; $Д_3 = 17{,}6 \cdot 1{,}25 = 22{,}0$.

% уксусной кислоты $= 0{,}096 \cdot 13{,}25 - 0{,}021 \cdot 21{,}5 = 1{,}272 - 0{,}4515 = 0{,}82$.

% масляной кислоты $= 0{,}043 \cdot 21{,}5 - 0{,}068 \cdot 13{,}25 = 0{,}9245 - 0{,}901 = 0{,}024$.

% молочной кислоты $= 0{,}123 \cdot 22{,}0 - 0{,}046 \cdot 13{,}25 + 0{,}006 \cdot 21{,}5 = 2{,}706 - 0{,}6095 + 0{,}129 = 2{,}23$.

По ГОСТ 23638—79 за окончательный результат испытания принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Отклонения между параллельными определениями не должны превышать 0,03%.

Качество силоса, приготовленного из кукурузы, определяют в соответствии с требованиями, указанными в таблице 28.

Качество силоса, приготовленного из любых растений (кроме кукурузы), определяют в соответствии с требованиями, указанными в таблице 29.

К неклассному относят силос бурого и темно-коричневого цвета с сильным запахом меда или свежеиспеченного ржаного хлеба, соответствующий по остальным показателям требованиям настоящего стандарта.

Качество силоса, приготовленного с применением химических консервантов, определяют в соответствии с требованиями, указанными в таблице 30.

Сенаж

Сенаж — корм, приготовленный из трав, провяленных до влажности 45—55% и сохраняемых в анаэробных условиях. Основой консервирования зеленой массы при приготовлении сенажа является физиологическая сухость массы, в силу чего интенсивность размножения микробов в сенаже очень слабая. Активная кислотность (pH) сенажа 4,5—5,5. Отмечено, что в сенаже молочнокислые бактерии угнетаются в меньшей мере, чем маслянокислые, более усиленно развиваются расы молочнокислых бактерий, использующие для своего роста и развития крахмал.

О доброкачественности сенажа судят по органолептическим показателям (цвету, запаху), обращают внимание на признаки порчи (плесневение, гниение, загрязненность). В лаборатории, кроме органолептической оценки качества сенажа, определяют содержание в нем сухого вещества, протеина, клетчатки, каротина, а также масляной кислоты.

Цвет хорошего сенажа серовато-зеленый, желто-зеленый; буро-коричневый цвет указывает на перегревание массы. При порче корма преобладают темные тона: бурый, черный.

31. Требования к качеству сенажа

Показатели качества	Характеристика и норма для классов		
	1	2	3
Запах	Ароматный, фруктовый		Ароматный, фруктовый; допускается слабый запах меда или свеженспеченного ржаного хлеба
Цвет	Серовато-зеленый, желто-зеленый (для клевера допускается светло-коричневый)		Серовато-зеленый, желто-зеленый, для клевера светло-коричневый, (допускается светло-бурый)
Содержание сухого вещества, %, в сенаже:			
бобовом	40—55	40—55	40—55
злаковом и бобово-злаковом	40—60	40—60	40—60
Содержание сырого протеина в сухом веществе, % (не менее) в сенаже:			
бобовом	15	13	11
бобово-злаковом	13	11	9
злаковом	12	10	8
Содержание сырой клетчатки в сухом веществе, % (не более)	29	32	35
Содержание сырой золы в сухом веществе, % (не более)	12	14	15
Содержание легкорастворимых углеводов в сухом веществе, % (не менее)	2	—	—
Содержание каротина в сухом веществе, мг/кг (не менее)	55	40	30
Содержание масляной кислоты в сенаже, % (не более)	Не допускается	0,1	0,2

Примечания. К неклассному относят сенаж бурого и темно-коричневого цвета, с сильным запахом меда или свежеиспеченного ржаного хлеба, соответствующий по остальным показателям требованиям настоящего стандарта.

Запах хорошего сенажа ароматный фруктовый. Если сенаж пахнет свежеиспеченным ржаным хлебом, это свидетельствует о его перегреве при закладке или хранении. Переваримость такого сенажа значительно понижена, особенно протеина. Испорченный сенаж имеет затхлый запах, пахнет плесенью, навозом или селедкой.

В соответствии с ГОСТ 23637—79 по органолептическим и химическим показателям сенаж подразделяют на три класса и неклассный. Качество сенажа устанавливают в соответствии с требованиями и нормами, указанными в таблице 31.

Корнеклубнеплоды

При зоогигиенической оценке картофеля, кормовой свеклы, реже сахарной свеклы, турнепса и кормовой моркови следует исключить возможность наличия на их поверхности зародышей различных гельминтов, паразитирующих в организме животных.

Исследование на зародыши глист. Из средней пробы берут несколько корней или клубней и помещают на 1—2 ч в сосуд с водой. После этого извлекают их оттуда и обмывают над тем же сосудом небольшим количеством свежей воды. Воду после промывки фильтруют через металлическое сито над воронкой с бумажным фильтром. На сите задерживаются крупные частицы почвы, на бумажном фильтре — мелкие частицы и яйца гельминтов.

После фильтрования бумажный фильтр расправляют и помещают в кювету с небольшим количеством 48%-ного раствора азотнокислого натрия (удельный вес 1,39) или с насыщенным раствором поваренной соли. Предметным стеклом тщательно соскабливают все задержавшиеся на фильтре частицы. Взмученный раствор сливают из кюветы в стакан или мензурку в зависимости от количества жидкости и тщательно размешивают стеклянной палочкой. Всплывшие растительные частицы немедленно удаляют шпателем, смесь отстаивают в течение часа и исследуют образовавшуюся сверху пленку.

Если жидкости мало, ее рекомендуется отцентрифугировать в течение 2—3 мин. Пленку снимают металлической петлей, диаметром не больше 1 см и переносят на предметное стекло для микроскопирования. Кроме пленки, исследуют и препараты со дна (из отстоя). В препаратах из пленки и отстоя можно обнаружить яйца гельминтов.

Определение нитритов в свекле. Наносят несколько кристаллов дифениламина на поверхность свежего разреза свеклы и смачивают их несколькими каплями концентрированной серной кислоты, нанося ее стеклянной палочкой. Интенсивное синее окрашивание поверхности разреза свеклы указывает на наличие большого количества нитритов, розовое — на малое их содержание, отсутствие окраски — на незначительное. Появление слегка синеватого окрашивания дает основание для сокращения нормы скармливания свеклы в рационах свиней, интенсивно синего окрашивания — для исключения ее из рациона.

Определение соланина в картофеле. Этот глюкозид ($C_{42}H_{75}NO_{75}$) содержится в картофеле обычно в небольших количествах (2—10 мг в 10 кг). При прорастании клубней его количество иногда достигает 500 мг/100 г. Скармливание картофеля с повышенным содержанием соланина не всегда безвредно для животных.

Если такой картофель приходится включать в рационы, то его надо проваривать или запаривать с большим количеством воды, не-

медленно сливая ее в канализацию. Если картофель долго остается в воде, соланин может перейти в него обратно из воды. При проваривании или запаривании проросшего картофеля необходимо предварительно обламывать ростки.

Для **качественного определения соланина (В. И. Ниловой)** из клубня вырезают несколько пластинок толщиной 1 мм (от верхушки до половины, с боков и с участков около глазков). Пластинки помещают в фарфоровую чашку или на большое часовое стекло и на них по каплям наносят уксусную кислоту (80—90%), затем серную кислоту и несколько капель 5%-ной перекиси водорода. Срезы, содержащие соланин, очень быстро краснеют, и тем сильнее, чем больше его содержится в картофеле. Особенно много соланина находится на периферии клубней и около глазков и очень мало в середине.

Для оценки картофеля при заболеваниях и повреждениях из средней пробы или партии фуражного картофеля или картофеля, признанного непригодным для пищевого использования, берут подряд 100 клубней. При необходимости клубни очищают от кожуры и осматривают очищенную поверхность разреза.

Каждое заболевание или повреждение учитывают отдельно. Если в одном и том же клубне обнаруживают разные болезни, учитывают лишь одну из них, наиболее выраженную.

Все клубни очищают от земли, распределяют на группы (здоровые, пораженные болезнями, имеющие механические повреждения, подмороженные, поврежденные вредителями и грызунами) и выражают в процентах число клубней, имеющих изменение нормального состояния.

Болезни и повреждения картофеля

Бактериозы. Кольцевая гниль (возбудитель Corynebacterium sependonicum). В начальной стадии поражения клубня на разрезе в зоне сосудистого кольца видны отдельные размягченные участки, постепенно образующие кольцо гнили желтоватого, сероватого, серо-бурого или черного цвета. В поздней стадии поражения сгнившие части высыхают и отделяются от центральной части, а снаружи клубня появляются трещины.

Ямчатая гниль (возбудитель Corynebacterium sependonicum) выявляется при осмотре не менее 50 очищенных от кожуры клубней. При этом видны размягченные округлые пятна желтого или кремового цвета размером не менее 1 см в диаметре.

Черная ножка (возбудитель Ervinici phytophthorum). В начальной стадии на клубнях видны выгнившие впадины у пуповинного конца, а при разрезе через них — бурое или черное пятно. При более поздних стадиях развития заболевания обнаруживаются небольшие внутренние полости, симметрично расположенные в сердцевине клубня (не по сосудистому кольцу).

При обнаружении поражений клубней кольцевой гнилью, ямчатой гнилью или черной ножкой в начальной стадии заболевания возможно их использование для скармливания животным в сыром виде не более 50% от дачи неповрежденного картофеля. В случаях осложнения поражения гнилостной микрофлорой с изменением тканей до 1/3 клубней партию можно скармливать только в вареном виде с удалением воды, в которой они варились.

Мокрая гниль (возбудитель — комплекс микроорганизмов). При надавливании клубни превращаются в кашицеобразную или

тягучую слизистую массу белого, серого, желтого или черного цвета с неприятным запахом. При поражении не более 1/3 клубней разрешается скармливать партию картофеля только в хорошо проваренном виде. При поражении более 1/3 клубней обрезают гнилые части и хорошо проваривают неповрежденные части клубней. Клубни, пораженные больше чем на 2/3, бракуют.

Микозы. Фитофтора (возбудитель Phytophthora investans). В начальной стадии поражения на поверхности клубней видны серовато-бурые, слегка вдавленные пятна различной величины. В более поздних стадиях развития болезни на разрезе клубня через пятно видна побуревшая ткань, переходящая внутрь в виде бурых вытянутых язычков.

Сухая гниль (возбудитель Fusarium Solani). В начальной стадии заболевания появляются небольшие сухие пятна в местах механических повреждений. В поздних стадиях отмечаются побурение и отпадение тканей на месте пятен. Около поражений образуются концентрические складки. На разрезе клубня видна темная мякоть, пронизанная нитями беловатой или розоватой грибницы.

Ризоктониоз (возбудитель Rhizoctonia Solani Kühn). При этом заболевании на поверхности клубня видны темно-коричневые комочки (склероции гриба) неправильной формы, напоминающие кусочки земли и легко отделяющиеся.

Парша обыкновенная (возбудитель — актиномицеты). На пораженном клубне видны поверхностные круглые или угловатые язвы, покрытые пробковидными пленками коричневого цвета, иногда с нежным белым налетом.

Парша порошистая (возбудитель Spongospora subterranea). В начальной стадии поражения клубней видны гладкие твердые бугорки коричневого цвета с характерными подкорковыми жилками (размером 2 см в длину и 5 мм в диаметре). В поздних стадиях перидермис клубней разрывается с вывертом наружу краев и образованием пустул, заполненных скоплением клубочков спор.

При обнаружении поражений клубней картофеля фитофторой, сухой гнилью, ризоктониозом, паршой обыкновенной и порошистой с партией поступают так же, как и при поражении кольцевой гнилью.

Нематодозы. Стеблевой нематодоз (возбудитель Ditylenchus destructor). В начальной стадии поражения видны при снятии с клубней кожицы мелкие, с булавочную головку, белые пятнышки. В более поздних стадиях заболевания появляются на поверхности клубня коричневые или свинцово-серые пятна около пуповины, наблюдаются отставания кожицы от ткани и образование трещин, в которых находится коричневая трухлявая ткань.

Клубни могут содержать возбудителей почвенных инфекций и быть их возможными переносчиками. Такие партии картофеля можно скармливать только в вареном виде.

Поражения картофеля механические, термические и иного характера. Потемнение мякоти. Появляется при травматизации во время уборки, перевозках и складировании. В начальной стадии изменения клубня видно потемнение мякоти в результате окисления аминокислот. Позже происходит распространение темных пятен с нерезкими очертаниями по кольцу сосудистых пучков. Партию картофеля с потемнением мякоти в начальной стадии поражения можно скармливать. Следует ограничивать дачу 50% полагающегося по рациону количества только при развившемся поражении.

Черная гниль от удушения. Появляется при хранении в помещении с высокой температурой и плохой вентиляцией. В начальной стадии поражения на разрезе клубня видна отмершая ткань черного цвета. Позже бывает отмирание наружной ткани клубня.

При отсутствии признаков гнили картофель можно скармливать животным в сыром виде.

Мороженый картофель. Причина — воздействие температуры хранения ниже 0° С. В начальной стадии заметна мягкость оттаявших клубней, при надавливании из них выступает сок. Позже появляются видимые на разрезе клубня пятна коричневого цвета, которые распространяются от кожуры внутрь.

Мороженый картофель с потемневшей мякотью, но без признаков гнили можно давать животным, но не более 1/3 положенной по рациону дачи.

Железистая пятнистость. Причина — повышенное содержание железа в почве, на которой выращивается картофель. На разрезе клубня видны коричневые, бурые или розового цвета пятна твердой консистенции без признаков гнили.

Картофель такой партии можно скармливать в сыром виде, но в количестве, не превышающем 1/3 дачи, положенной по рациону.

Повреждения вредителями и грызунами. Повреждение проволочником. В мякоти клубня видны ходы. При скармливании такого картофеля следует учитывать возможность заноса вредителем в клубень возбудителей почвенных инфекций, и поэтому картофель следует проваривать.

Повреждения совкой. На клубнях видны ямки с гладкими краями, часто покрытые необъеденной кожурой.

Поражение личинками жуков-хрущей. На клубнях видны ямки с неровными краями без остатков кожуры.

Поражение грызунами. На клубнях видны отпечатки зубов. Если в партии картофеля обнаружены поражения совкой, личинками жуков, хрущей или признаки повреждения грызунами, то для предотвращения заражения животных возбудителями инфекций (почвенных в первую очередь) картофель следует скармливать только в проваренном виде.

Безвредность нестандартного картофеля определяют путем биопробы в хозяйстве.

Для решения вопроса о допустимости скармливания партии картофеля, имеющего те или иные признаки порчи, часто в связи с потерей им качеств столового картофеля, в хозяйстве проводят биопробу. Для этого выделяют неплеменной молодняк (телят, подсвинков) в возрасте 4—5 мес, находящийся по заключению ветспециалистов в здоровом состоянии. Каждому из двух-трех животных ежедневно 12 дней подряд с другими кормами дают по 3—4 кг пораженных клубней картофеля в сыром виде, а другим двум-трем животным — в вареном виде.

При появлении признаков заболевания (отказ от корма, понос, рвота, нервные расстройства) хотя бы у одного из подопытных животных, но при отсутствии таких признаков у получавших вареный картофель пораженные клубни или всю партию (если пораженность значительная) допускают к скармливанию только в проваренном виде.

Если токсикоз установлен в обеих группах животных, картофель подлежит выбраковке (в корм животных его не допускают).

Жом

Свекловичный жом, получаемый при выработке сахара из сахарной свеклы, является хорошим и легкопереваримым кормом для сельскохозяйственных животных. В зависимости от срока хранения он может быть свежим или кислым при продолжительном хранении и самосбраживании под влиянием жизнедеятельности молочнокислых бактерий.

Определение кислотности жома и наличия в нем масляной кислоты производится так же, как в барде. Абсолютное количество кислот в таком жоме не должно превышать 0,6%.

Свежий жом имеет светло-серый цвет и пресный запах; кислый — грязно-серый цвет, мажущуюся консистенцию и запах масляной кислоты.

Молочному скоту кислый жом скармливать не рекомендуется. При даче его откармливаемому скоту необходимо обращать внимание на сбалансированность рациона по сухому веществу, переваримому протеину, каротину, фосфору и микроэлементам для предупреждения нарушения обмена веществ.

В связи с низким содержанием белка жом используют как углеводистый корм вместо корнеплодов. При даче высушенного жома следует учитывать, что он сильно вбирает влагу и для предотвращения расстройств пищеварения его следует скармливать размоченным в двойном или тройном количестве воды.

Барда

Барда получается при производстве спирта из зерна (зерновая) или картофеля (картофельная) и используется для скармливания в свежем виде или длительно хранившаяся (кислая), а также в высушенном виде. Сухая барда используется при производстве комбикормов для крупного рогатого скота и свиней.

Определение кислотности. Барда, а также свекловичный жом и остаток при производстве крахмала (мезга) содержат свободные кислоты. Количество и состав этих кислот определяют диетические и отчасти питательные свойства данных кормовых средств. Установлено, что небольшие количества органических кислот (уксусной, щавелевой, яблочной, винной и др.) оказывают благоприятное диетическое воздействие. Средние же и большие количества действуют отрицательно, вызывая нарушения пищеварения, разрушение эритроцитов, изменение в костях и почках (щавелевая кислота).

Для определения наличия свободных кислот берут навеску 100 г хорошо перемешанного и измельченного (жом) корма и помещают в мерную колбу на 1 л, приливают туда 300—400 мл дистиллированной воды и энергично взбалтывают. После этого доливают колбу до метки, снова взбалтывают и оставляют на 4—5 ч.

Фильтруют жидкость через бумажный фильтр. 100 мл фильтрата титруют 0,1 н. раствором КОН при добавлении индикатора фенолфталеина. Общее количество свободных кислот перечисляют на уксусную или молочную кислоту в зависимости от того, какая из них преобладает.

1 мл 0,1 н. раствора КОН при нейтрализации равен 0,006 г уксусной или 0,009 г молочной кислоты.

Определение масляной кислоты. 100 мл фильтрата, оставшегося после определения общей кислотности (нейтрализованного), выпаривают на водяной бане до объема 10—15 мл. К сгущенному фильтрату приливают столько миллилитров 0,1 н. соляной кислоты, сколько было затрачено 0,1 н. раствора КОН при определении общей кислотности. Жидкость переливают в узкий измерительный цилиндр с притертой пробкой, прибавляют туда 10 мл насыщенного раствора хлористого кальция с хлористым калием и 40 мл прозрачного нейтрального керосина. Измеряют объем полученной смеси.

Смесь фильтрата с керосином слегка взбалтывают в течение 15 мин без образования эмульсии, затем дают смеси отстояться. Из поверхностного прозрачного слоя берут пипеткой несколько миллилитров в сухую пробирку, приливают 10 капель лакмусовой настойки и наблюдают за изменением ее цвета по образовавшемуся на дне слою. Если в исследуемой барде (жоме, мезге) имеется масляная кислота, лакмусовая настойка окрашивается в красный цвет различной интенсивности.

Для количественного определения содержания масляной кислоты из того же верхнего прозрачного слоя градуированной пипеткой переносят 20 мл в сухую колбу, прибавляют 100 мл прокипяченной дистиллированной воды, взбалтывают и титруют 0,1 н. раствором $Ba(OH)_2$ при индикаторе фенолфталеине до порозовения. Образующийся маслянокислый барий выпадает при титровании в осадок. 1 мл 0,1 н. раствора $Ba(OH)_2$ соответствует 0,0088 г масляной кислоты.

Для определения содержания масляной кислоты в 100 г исследуемого корма пользуются формулой

$$x = \frac{a \cdot б \cdot 10 \cdot 0{,}0088}{20},$$

где x — содержание масляной кислоты в 100 г исследуемого корма; a — количество миллилитров 0,1 н. раствора $Ba(OH)_2$, затраченного на титрование 20 мл отстоя; $б$ — объем, занимаемый в цилиндре смесью фильтрата, раствора кальция, калия и керосина.

Зерновые корма

Для кормления сельскохозяйственных животных используют только доброкачественные зерновые корма, отвечающие требованиям стандартов. Основные показатели, характеризующие доброкачественность фуражного зерна, приведены в таблице 32.

Определение доброкачественности фуражного зерна начинают с осмотра и органолептического исследования фуража на месте хранения и в необходимых случаях прибегают к лабораторным анализам.

При осмотре зерна на месте обращают внимание на условия хранения. Обращают внимание на однородность партии, цвет, запах, вкус, приблизительную влажность, продолжительность хранения и некоторые другие показатели.

Цвет зерна определяют днем при рассеянном свете, лучше насыпая его тонким слоем на синюю бумагу. В стандартах на каждый вид и сорт зерна определены типичный характерный цвет зерна.

Доброкачественное зерно овса имеет желтый, беловато-желтый или белый цвет, ячменя — желтый разных оттенков, пшеницы — коричневатый, рыже- и светло-коричневый.

Пятнистость, потемнение верхушек ячменя, пшеницы, ржи, овса связаны с плохими условиями уборки, подмоченностью зерна и

32. Основные показатели доброкачественности фуражного зерна

Показатели качества	Злаковые (овес, рожь, пшеница, ячмень, кукуруза)		Бобовые (кормовые бобы, горох, вика, люпин кормовой, чина, чечевица)	
	Кондиции			
	базисные (нормы)	ограничительные	базисные (нормы)	ограничительные
Цвет и блеск	Нормальный, соответствующий виду и сорту зерна			
Состояние	Не греющееся			
Запах	Свойственный нормальному запаху, не затхлый, не плесневелый, не гнилостный, не солодовый и без каких-либо иных посторонних запахов			
Влажность, % (не более)	16—17	19	16—17	20
Примеси, % (не более):				
сорные, всего	0—1	8	1—3	8
в т. ч. минеральные	0—1	1	0—4	8
вредные, всего	0—2	1	0—2	1
зерновые, всего	2	15	2—4	1
	15 (кукуруза)	—	7 (вика)	15
в т. ч. проросшее зерно	—	—	—	5
Зараженность амбарными вредителями	Для базисных кондиций не допускается (допустима зараженность клещами первой степени)			

развитием на нем плесеней и микроорганизмов. Зеленоватый цвет зерен и их пленок бывает при уборке незрелого зерна, красноватый — при созревании зерна, белесый — у прихваченного на корню морозом. Зерно, имеющее ненормальный цвет, часто бывает поражено плесенями.

Матовость цвета зерна и морщинистость его поверхности бывают при воздействии суховеев в поле. Зерно кукурузы имеет белый или желтый цвет в зависимости от типа. Встречаются сорта кукурузы, имеющие палевый, бледно-розовый, оранжевый, бледно-желтый и фиолетовый цвет зерна. Кормовые бобы имеют разную окраску (белую, желтую разных оттенков, фиолетовую, коричневую, красную, черную). Зерно чины бывает от серого и коричневого до красного цвета с разнообразным рисунком. Цвет семян чечевицы зеленый, серый, бурый, оранжевый, розоватый, красноватый, коричневый и черный разных оттенков (с мраморным рисунком или однотонный). Нут имеет окраску от красновато-коричневой до черной,

с крапчатым рисунком или однотонную. При неблагоприятных условиях уборки или хранения семян во влажном состоянии они имеют потемневшую окраску или пятнистость.

У доброкачественного зерна шелуха гладкая, не морщинистая. Сморщивание поверхности слоев зерна происходит при прорастании, самонагревании, недоразвитии и повреждении при заморозках, а также при действии суховея в поле.

Доброкачественное зерно должно отличаться сыпучестью. При самосогревании и слеживании оно теряет это свойство, приобретает комковатость. Это часто наблюдается при хранении зерна с влажностью, превышающей предусмотренную стандартами. Известно, что влажное зерно в теплое время года (температура воздуха 18° С) за счет интенсивного течения жизненных процессов ежесуточно теряет до 2% своего веса. В таких условиях на зерне активно развивается микробная и грибковая флора.

Запах определяют при растирании зерна между ладонями или насыпая небольшое количество зерен на ладонь и согревая их дыханием. Можно несколько зерен облить горячей водой с температурой 60—70° С и спустя 2—3 мин, слив воду, определить запах.

Здоровое, нормальное зерно обладает естественным запахом, появляющимся в процессе созревания. При длительном хранении зерну свойствен амбарный запах, не снижающий его доброкачественности и исчезающий при проветривании. Зерно в начальной стадии самосогревания приобретает своеобразный солодовый запах.

Плесневелый запах бывает у зерна, хранящегося с повышенной влажностью. При этом на поверхности зерен, чаще битых, изъеденных, развиваются плесневые грибки. Этот запах исчезает после сушки или проветривании фуражного зерна. Затхлый запах бывает у зерна, долго сохраняющегося в складе без пересыпания (перелопачивания) при самосогревании и развитии микроорганизмов. Такой запах бывает очень устойчив и не исчезает при сушке и проветривании. Гнилостный запах отмечается при длительном самосогревании зерна в результате распада белка с образованием аммиака. При сильном загрязнении зерна спорами головни ощущается запах триметиламина (селедочного рассола). Зерно, попорченное мышами, имеет мышиный запах. При поражении зерна амбарными клещами оно приобретает особый медовый запах. Примесь головок полыни придает зерну полынный запах, примесь семян дикого чеснока — чесночный, донника — специфический запах эфирного масла.

Зерно очень легко воспринимает различные запахи, в связи с чем его надо хранить вдали от пахучих веществ (керосин, нефть, медикаменты, дезинфицирующие средства и др.). Зерновые корма с несвойственным запахом животные отказываются поедать. Для кормления животных и для изготовления комбикормов допускается зерно, имеющее солодовый запах. Зерно с запахом полыни, донника, чеснока можно включать в качестве составной части комбикорма только в количествах, которые обеспечат получение продукта с нормальным запахом.

По запаху и изменению цвета различают четыре степени порчи зерна. Первая степень характеризуется наличием солодового или кислого запаха. Цвет зерна изменен. Ферментативная активность и бактериальная обсемененность зерна при этом повышены. При второй степени запах бывает плесневело-затхлым, устойчиво передающимся продуктам переработки зерна. Блеск зерна отсутствует, цвет более темный, количество споровых бактерий, грибков, актиномицет

значительно увеличено. Третья степень отличается плесневело-гнилостным запахом, преобладанием бактерий над грибами на зерне и его темным цветом. Зародыш у такого зерна поражен. Для четвертой степени характерны гнилостный запах, почерневшая оболочка, коричневый цвет эндосперма, повышенное содержание аммиака, наличие только гнилостной микрофлоры (при отсутствии грибов).

Зерно, имеющее признаки порчи первой и второй степени, подлежит обезвреживанию кальцинированной содой, с признаками третьей степени — обезвреживанию высокой температурой. Зерно четвертой степени порчи к использованию в кормлении животных непригодно.

Определение свежести зерна. При порче зерна в результате неправильного хранения органические вещества распадаются с образованием свободных кислот. Многие продукты распада углеводов, жиров и белков имеют кислую реакцию (жирные кислоты, уксусная, масляная, щавелевая кислоты, аминокислоты). Чем больше испорчено зерно, тем больше оно содержит свободных кислот. Кислотность зерна выражают в градусах (один градус соответствует 1 мл нормального раствора щелочи, пошедшей на нейтрализацию кислот из 100 г зерна). По кислотности судят о степени разложения и, следовательно, о доброкачественности зерна. Установлены следующие степени кислотности зерна: 3,5—4,5° — начинающийся процесс порчи зерна; 5,5° — зерно, не подлежащее длительному хранению; 7,5° — зерно, не выдерживающее хранения; 9,5° — зерно испорченное, скармливать которое нужно осторожно после биологической пробы на 1—2 малоценных животных.

Для определения кислотности берут 5 г размолотого зерна или тщательно растертого в ступке. Отмеривают пипеткой 50 мл дистиллированной воды в колбу или химический стакан емкостью около 200 мл. Всыпают приготовленную навеску и тщательно взбалтывают в течение 2—3 мин, размешивая стеклянной палочкой образовавшиеся комья. Приставшие к стенке частицы смывают дистиллированной водой. Колбу или химический стакан с пробой оставляют на 30 мин для настаивания. Прибавляют 5 капель 1%-ного раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н. раствором КОН или NaOH до появления ясно видимого розового окрашивания, не исчезающего в течение 2 мин. Израсходованное количество раствора КОН или NaOH (мл) умножают на 20, так как было взято только 5 г зерна; произведение делят на 10 вследствие того, что пользуются не нормальным, а 0,1 н. раствором щелочи.

Определение примесей. В зерновые корма часто попадают примеси, снижающие их питательную ценность. Некоторые вредные примеси делают корм опасным для здоровья животных. Засоренное зерно легче портится при хранении. Содержание примесей в зерновом фураже характеризует уровень агротехники этих культур в хозяйстве.

Различают примеси сорную, вредную и зерновую.

К сорной, встречающейся в овсе, ячмене и ржи, относятся: 1) мелкие примеси, проходящие через сито с отверстиями 1,5 мм; 2) минеральная примесь (песок, земля, пыль); 3) части стеблей и стержней колоса, ости, мякина, пустые пленки (так называемая органическая примесь); 4) сорные семена (семена дикорастущих и культурных растений, не относящиеся к зерновой примеси и к основному зерну).

К вредной примеси относятся головня, спорынья, вязель, горчак-софора (толстоплодная и лисохвостая), горчак розовый (Acroptilon picris), мышатник (Thermopsis lupinoides I), плевел опьяняющий (Lolium temulentum L.).

К зерновой примеси относятся зерна других культур и поврежденные зерна основной культуры.

Зерновой примесью в кукурузе считают: зерна битые, изъеденные вредителями, сильно недоразвитые (щуплые), проросшие, с корешком или ростком, с деформированной оболочкой, с заметно изменившимся цветом (вследствие прорастания), давленые, поврежденные при сушке, с затронутым эндоспермом (вследствие самонагревания, загнивания, плесневения, поражения фузариозом и бактериозом) и с испорченным заплесневевшим зародышем.

Для определения сорности овса, ячменя, ржи, пшеницы, вики, сорго и мелкосеменной чечевицы берут навеску 50 г, кукурузы, чины, гута — 100 г; конских бобов — 200 г; при определении спорыньи, вязеля, горчака-софоры, горчака розового и мышатника во всех зерновых кормах и головни в ячмене — 400 г.

Для отделения пыли и других примесей, а также для ускорения анализа навеску просеивают через набор металлических сит диаметром 20 см с отверстиями 2,2×25 и 1,7×20 мм. Дальнейшее отделение примесей проводят вручную, для чего содержимое отдельных сит переносят по очереди на стеклянную доску (лучше молочного оттенка) или на стекло, под которое подложена белая бумага. Оставшуюся на ситах пыль сметают кисточкой и причисляют к минеральной примеси.

При помощи шпателя, пинцета или остриженного гусиного пера разбивают зерна на фракции: чистое зерно, примесь сорная, примесь вредная, примесь зерновая. Каждую группу примесей взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г и вычисляют в процентах к общей навеске.

Особое значение в зоогигиенической оценке зернового фуража имеет обнаружение примеси ядовитых и вредных семян: куколя, плевела опьяняющего, горчака-софоры, горчака розового, щавеля, мышатника, белены и ряда других сорняков. Определить наиболее часто встречающиеся вредные и ядовитые семена можно по их морфологическим признакам.

Определение головни в зерне. Головневые поражения встречаются на пшенице, ржи, ячмене, овсе, просе, кукурузе. Различают несколько видов головни: пыльная, пузырчатая, твердая, мокрая, стеблевая и др. Если у зерна запачкана только бороздка, его называют «синегузочным», а если головневые споры покрывают поверхность зерна и бороздки, — «маранным». Зерно, содержащее споры головни, сильно впитывает влагу и быстро портится. Головня в фуражном зерне может встречаться в виде мешочков со спорами или спор в рассыпанном виде. Мешочки головни, если они не раздавлены, выделяют руками из навески зерна 200 г (ячменя 400 г), взвешивают с точностью до 0,01 г и определяют их процентное содержание.

Для определения количества рассыпанной головни пользуются аппаратом Акимова, состоящим из цилиндра, подставки и металлической сетки. Нижняя (суженная) часть цилиндра имеет деления. В рабочем положении его устанавливают вертикально и закрывают сверху металлической сеткой для процеживания сливаемой жидкости.

25 г зерна, очищенного от посторонних примесей и мешочков головни (которые отбирают и взвешивают отдельно), всыпают в коническую колбу и обливают 20 мл бензина с удельным весом 0,710—0,720. Колбу закрывают пробкой и взбалтывают в течение минуты. Бензин с находящимися в нем спорами головни сливают через сетку в цилиндр, в оставшееся зерно снова наливают порцию бензина. Так повторяют 2—3 раза, сливая бензин через сетку в цилиндр. Зерно высыпают на сетку и, ополоснув колбу бензином, выливают его через сетку в цилиндр, ополаскивая им зерно.

Сетку с цилиндра снимают, закрывают его пробкой и оставляют в покое на 20—25 мин для полного осаждения спор головни в градуированной части. После отстаивания определяют число делений, занимаемых компактной черной массой, умножают на 100 и делят на число граммов навески. Частное умножают на 0,02 и получают содержание головни в процентах.

При соблюдении указанных выше условий для вычисления количества головни можно пользоваться формулой:

$$x = \frac{A \cdot 100 \cdot 0{,}02}{25} = A \cdot 0{,}08,$$

где x — содержание головни (в весовых процентах); A — число делений, занимаемых осадком спор в нижней части цилиндра.

Определение количества спорыньи в зерне. Спорынья поражает преимущественно рожь, реже пшеницу. При обнаружении в образце фуражного зерна в виде довольно крупных (длиной до 15 мм) рожков темно-фиолетового цвета проводят специальное определение содержания спорыньи в навеске 400 г. Руками отбирают все рожки (как цельные, так и их части) и взвешивают с точностью до 0,01 г.

Спорынью в зерне можно определить и путем опускания проб зерна в 28%-ный раствор поваренной соли. Рожки спорыньи значительно легче зерен. При перемешивании они всплывают наверх, откуда их легко собрать.

Каждая фуражная культура имеет свои специфические сорные и вредные примеси. В составе сорной примеси к фуражному зерну может быть допущено 0,5% куколя, из вредных примесей — спорынья и головня (при базисных кондициях не более 0,1—0,15% и не более 0,5% при ограничительных), вязеля и горчака — в сумме соответственно кондициями 0,04 и 0,2%, гелиотропа опушенноплодного (в кукурузе, горохе, люпине) не более 0,1%. В фуражном зерне не должно содержаться примеси триходесмы седой, семян мышатника и плевела опьяняющего. Зерноотходы, содержащие спорынью, использовать для кормления животных нельзя.

Определение пораженности зерна розовым грибком (фузариоз). Грибок поражает все злаки, в том числе и кукурузу. Фузариозное поражение зерна представляет известную опасность для животных и птицы (особенно свиней, цыплят в возрасте до 25 дней).

Для определения поражения фуражного зерна грибками рода фузариа берут 50 г исследуемого корма, насыпают в один слой на фильтровальной бумаге и выбирают по внешнему виду пораженные зерна со следующими признаками: оболочка и эндосперм розового или желтовато-оранжевого цвета, оболочка зерна матово-серая, иногда на ней черные точки (плодовые тела грибка), на некоторых зернах корочки или мелкие бугорки восковидной консистенции, чаще расположенные около зародыша зерна. Взвешивают пораженные зерна и выражают их вес в процентах к навеске.

Фуражное зерно, пораженное грибками рода фузариум, нельзя использовать для кормления животных без предварительного обеззараживания вымачиванием в течение 24 ч в 1%-ном растворе кальцинированной соды.

Определение частиц железа в зерне. Такие частицы попадают в концентрированные корма чаще всего при перевозке их насыпью в вагонах, при небрежной выгрузке и транспортировке, значительно реже при уборке, сортировке и обработке зерна. При хранении зерна на складах металлические частицы с большим удельным весом обычно собираются в нижних слоях зерновой насыпи. Поэтому надо проявлять осторожность при использовании фуражного зерна из нижних слоев и подвергать его анализу.

Для определения ферромагнитной примеси берут 1 кг зерна, рассыпают его на ровном столе (лучше покрытом стеклом) в несколько приемов слоем не более 0,5 см. Подковообразным магнитом грузоподъемностью не менее 12 кг проводят продольные и поперечные бороздки в зерне таким образом, чтобы ножки магнита проходили в толще зерна и не касались стола или стекла.

После проверки всей поверхности слоя зерна приставшие металлические частицы снимают в чашечку, зерно перемешивают и вновь рассыпают таким же слоем для повторной проверки. Собранные частицы взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002. В 1 т зернового корма допускается до 50 г улавливаемых магнитом примесей (0,05 г/кг).

Определение пораженности зерна амбарными вредителями. Пораженные амбарными вредителями зерновые корма могут отрицательно воздействовать на здоровье животных. Кроме того, при хранении таких кормов их питательность снижается каждый месяц на 5,5—7,9%.

Зерновые корма поражают жуки и паукообразные клещи (роды Glicyphagus, Tyrogliphus). Так как они имеют незначительную величину (около 0,5 мм), их трудно обнаружить невооруженным глазом (приходится пользоваться лупой или малым увеличением микроскопа).

Мучные клещи имеют полупрозрачное тело сероватого цвета. Они прогрызают оболочку, главным образом со стороны зародыша, и поселяются в зерне. Входное отверстие не видно даже через лупу. Размножаются клещи очень быстро, особенно при повышенной влажности воздуха и температуре около 10°. Клещи откладывают яйца, из которых выходят личинки, превращающиеся в нимф, последние — во взрослых клещей. При неблагоприятных условиях нимфы превращаются в гипопусы, которые могут обходиться без пищи.

При лабораторном определении пораженности зерна клещами образец весом 1 кг просеивают через сито с отверстиями диаметром 1,5 мм. Просеивают в три приема, каждый раз всыпая в сито диаметром 20 см третью часть зерна. Часть образца, прошедшую через сито, подогревают в течение 15 мин при температуре 20—30° С, рассыпают тонким слоем на стекле с подложенной под него черной бумагой и просматривают под конической лупой с 5—10-кратным увеличением.

Подсчитав число клещей, устанавливают степень зараженности зерна. Если в 1 кг находят до 20 клещей, зараженность относят к первой степени; более 20 — ко второй; в отсеве зерна третьей степени зараженности клещи образуют сплошной слой.

Пораженные клещами корма можно скармливать животным только после просушивания или запаривания и в ограниченном количестве.

При определении зараженности початков кукурузы клещами из исходного образца берут 10 початков кукурузы попарно и стукают их друг о друга над листом черной бумаги. Полученный на бумаге остаток просматривают через лупу.

В ряде случаев для скармливания животным выделяют дефектное зерно. Пробу такого зерна направляют в ветеринарную лабораторию для исследования и определения пригодности к скармливанию.

Если некондиционное зерно имеет признаки порчи первой или второй степени, токсические его свойства можно обезвредить кальцинированной содой. Для обезвреживания каждых 100 кг зерна берут 1 кг кальцинированной соды, 1 кг поваренной соли и 250 л воды. В деревянной посуде (чане, колоде, специально приготовленном из досок ящике) готовят раствор. Этим раствором увлажняют зерно и укладывают его в цементированную яму на 24 ч, а потом скармливают.

Раствор можно использовать несколько раз. Если лаборатория дала заключение о поражении зерна грибком из рода фузариум, то раствор применяют только однократно. Обработанный корм скармливается под наблюдением ветеринарных специалистов.

Зерно с признаками порчи первой, второй и третьей степени, кроме пораженного фузариозом, может быть обезврежено высокой температурой (160—180° С) в агрегатах АВМ-0,6 в течение 1,5 мин или СПЖ-8 в течение 3—4 мин. Обработанное высокой температурой зерно можно использовать без ограничений.

Мучнистые корма

К мучнистым кормам относят побочные продукты (отходы) мукомольной и крупяной переработки зерна: отруби пшеничные и ржаные, мучнистую пыль, гречневую и пшенную мучку, просяную мучель, а также кормовую муку (овсяную, ячменную, кукурузную).

В практике кормления животных в совхозах и колхозах использование отрубей и других мучнистых кормов в настоящее время занимает сравнительно небольшое место, так как мукомольная промышленность отруби и мельничную пыль отправляет в качестве сырья для производства комбикормов и в меньшей части реализует их как кормовое средство. Изготовление же кормовой муки в хозяйствах имеет небольшие размеры. В ряде случаев приходится решать вопрос о пригодности для скармливания животным муки, не отвечающей требованиям пищевого продукта (для выпечки хлеба).

Оценка доброкачественности мучнистых кормов начинается с осмотра на месте хранения. При этом оцениваются такие показатели, как цвет, запах, вкус и приблизительная влажность, а также отбирается средняя проба для лабораторного исследования.

Влажность муки определяют приблизительно при осмотре на месте. Сухая мука, сжатая в горсть, слегка хрустит и в руке сжимается в комок, который легко распадается при надавливании пальцами; влажная мука также образует комок, но не рассыпающийся при надавливании.

Влажность мучнистых кормов в лабораториях определяют теми же приемами, что и зерновых или комбинированных.

Кислотность отрубей и кормовой муки определяют в водяной вытяжке приемами, описанными выше. Кислотность муки определяют при титровании болтушки из определенной навески теми же приемами.

Определение свежести муки. В широкую пробирку насыпают около 2 г муки и приливают 5 мл 10%-ного раствора едкой щелочи (KOH или NaOH). Через 10 мин слегка подогревают пробирку (не более 30° С) для разжижения образовавшегося клейстера и прибавляют в нее по каплям серную кислоту, разведенную водой в отношении 1 : 2. Свежая, неиспорченная мука пахнет клейстером и имеет кислотность не свыше 5°, испорченная — сероводородом и триметиламином.

Исследование муки и отрубей на сорные примеси. Сорные примеси в отрубях и муке бывают минеральными (песок, земля, известь и др.) и растительными (спорынья, куколь, головня, плевел опьяняющий, горчак). Как те, так и другие вредны для животных.

Содержание минеральной примеси в мучнистых кормах определяют по нерастворимой в соляной кислоте части золы. Для этого навеску отрубей или муки (2—3 г) помещают в фарфоровый тигель и сжигают в муфельной печи при температуре 550—600°. Золу прокаливают до видимого исчезновения углистых частиц. Прокаленную золу заливают 10%-ным раствором соляной кислоты для удаления минеральных составных частей отрубей или муки. Остаток переносят на беззольный фильтр, который помещают в фарфоровый тигель, подсушивают, сжигают, прокаливают и взвешивают.

Для вычисления процентного содержания минеральных примесей пользуются формулой:

$$x,\ \% = \frac{100 . Б}{А},$$

где $А$ — навеска муки или отрубей; $Б$ — вес остатка после прокаливания. В мучнистых кормах минеральных примесей должно содержаться не более 0,8%.

При содержании примесей в больших количествах корма необходимо очищать, а если сделать это невозможно, то дачу кормов следует ограничить.

Количественное определение спорыньи в муке и отрубях проводят так же, как и в комбикорме.

Для определения куколя в муке или отрубях 10—20 г их обрабатывают горячей смесью из 4 частей хлороформа и 1 части спирта. Полученную вытяжку фильтруют, а фильтрат испаряют.

При наличии куколя на дне чашки остается белый осадок. Если прибавить к осадку несколько капель химически чистой серной кислоты (удельный вес 1,84), осадок окрасится в желтый цвет, переходящий в коричневый или слабо-розовый, а затем в буро-красный.

Для определения примеси плевела опьяняющего 10 г исследуемой муки помещают в колбу, приливают 100 мл 35°-ного спирта и, присоединив колбу к обратному холодильнику, нагревают ее в водяной бане при температуре воды 75—85° С. Через час жидкость отфильтровывают. Вытяжка из муки с примесью плевела опьяняющего будет иметь зеленоватый цвет, неприятный запах и горький вкус.

Проба на обнаружение плесеней в мучнистых кормах. В маленькую коническую колбочку наливают 50 мл воды, закрывают ватной пробкой, кипятят или помещают на 30 мин в автоклав при

130°. После охлаждения в колбу всыпают обожженным шпателем или ложкой пробу муки или отрубей до получения густой кашицы. Колбу закрывают обожженной ватной пробкой и оставляют при комнатной температуре. Если в пробе корма содержится большое количество спор плесеней, через 24 ч появляется неприятный затхлый или кислый запах, ясно ощутимый при открывании колбочки, и налет плесени на поверхности корма. У доброкачественных отрубей и муки запах и налет плесени появляются значительно позже (на 3—4-е сутки).

Определение поражения мучнистых кормов насекомыми-вредителями. В муке и отрубях встречаются мучной клещ, мучной хрущак, хлебный точильщик, мучная моль, мучная американская моль, мельничная огневка и др.

В лаборатории для определения зараженности вредителями мучнистых кормов из среднего образца берут 1 кг. Для просеивания муки и мучки берут сита № 056 и № 067, для отрубей — № 08 и № 056. Проход через сито используется для выявления клещей, сход — для обнаруживания других вредителей.

С помощью лупы осматривают полученные фракции. Найденные насекомые, их шкурки, сброшенные при линьке, и экскременты дают возможность сделать заключение о степени поражения и виде вредителя. Для определения вида наиболее распространенных вредителей мучнистых кормов пользуются их описанием.

33. Показатели качества мучнистых кормов

Показатели	Характеристика		
	для отрубей	для муки ржаной	для мучки кормовой
Влажность	Не выше 15%	Не выше 15%	Не выше 15%
Цвет	Коричнево-сероватый	Серовато-белый с заметными частицами оболочек	Коричнево-серый
Запах	Не затхлый, не плесневелый, без каких-либо посторонних запахов		
Вкус	Без горьковатого или кисловатого привкуса	Слегка сладковатый, без горького или кислого привкуса	Без горьковатого или кисловатого привкуса
Кислотность водной вытяжки	Не более 5°	Не более 6°	Не более 5°
Зараженность амбарными вредителями		Не допускается	

Зараженные амбарными вредителями мучнистые корма непригодны для длительного хранения. При этом происходят большие потери питательности (до 10—15% в месяц).

При оценке мучнистых кормов необходимо руководствоваться определенными показателями (табл. 33).

Жмыхи и шроты

Жмыхи и шроты используются в кормлении животных как белковые добавки рационов и в составе комбинированных кормов. При оценке их доброкачественности обращают внимание на цвет, вкус и запах.

Цвет. Для каждого вида жмыхов характерен определенный цвет. Подсолнечниковый имеет серый цвет; конопляный — темно-серый разных оттенков; льняной — от серого до светло-коричневого; хлопчатниковый — желтый (от светло-желтого до светло-коричневого) с зеленоватым или буроватым оттенком; соевый — от светло-желтого до светло-бурого; рапсовый — зеленовато-желтоватый с примесью бурых частиц; кукурузный — от серого до коричневого.

Шрот хлопчатниковый имеет желтоватый цвет; соевый — от светло-желтого до светло-бурого; кукурузный — от серого до коричневого.

Жмыхи из семян масличных, загрязненных примесью сорных растений или испорченных, а также попорченные в результате плохого хранения или пережаренные (чрезмерно нагретые перед прессованием) имеют различные отклонения от характерных оттенков.

Запах и вкус жмыхов. Жмыхи различных видов должны обладать специфическим запахом и вкусом. Затхлый или плесневелый запах указывает на недоброкачественность сырья или порчу жмыхов при хранении. При хранении жмыхов или шротов в сыром, плохо проветриваемом помещении на них появляется плесень. Это обусловливает появление плесневелого запаха и горького вкуса. Затхлый запах и привкус горечи могут появляться и в результате жизнедеятельности бактерий. Горьковатый вкус жмыхов бывает и при прогоркании жиров.

Определение вида жмыха химическим способом. Около 1 г измельченного жмыха насыпают в пробирку, заливают 5 мл смеси из 20 мл 96°-ного этилового спирта и 1 мл соляной кислоты (удельный вес 1,19) или таким же количеством смеси из 100 мл 96%-ного спирта и 1 мл химически чистой серной кислоты (удельный вес 1,84). Пробирку ставят на несколько минут в кипящую водяную баню, затем хорошо взбалтывают и дают жмыху осесть на дно. Надосадочная жидкость у подсолнечникового жмыха окрашивается в вишневый, у льняного и рапсового — в белый, у хлопчатникового — в желтый цвет.

Определение влажности жмыхов и шротов проводят теми же методами, что и определение влажности зерновых кормов. Нормальная влажность льняного и соевого жмыхов, хлопчатникового и кукурузного шротов должна быть не более 11%; конопляного жмыха и соевого шрота — не более 10%; подсолнечникового жмыха — не более 8,5 и хлопчатникового жмыха — не более 9%.

Определение зольности жмыхов и шротов. Повышенная зольность жмыхов и шротов указывает на недостаточную очистку масличных семян от минеральных примесей, а подсолнечникового и хлопчатникового жмыха — на плохую очистку от лузги, что снижает их кормовые достоинства.

В предварительно прокаленный, охлажденный в эксикаторе и взвешенный тигель помещают 2 г измельченного жмыха или шрота и сжигают в муфельной печи до белого или светло-серого цвета, затем охлаждают и взвешивают, снова прокаливают, охлаждают и вторично взвешивают. Прокаливание, охлаждение и взвешивание проводят несколько раз до получения постоянной массы.

Для всех видов и сортов жмыхов и шротов стандартом установлены предельные нормы зольности: жмыхи: подсолнечниковый — 6—7%, льняной — 5,5—8, хлопчатниковый — 7—8, конопляный — 7,5—8,25, клещевинный — 7, сурепковый — 7—8, соевый — 4—6,5; шроты: соевый — 6%, хлопчатниковый — 6—7, кукурузный — 6—7%.

Определение ферромагнитных примесей в шроте. Проводят так же, как и в мучнистых кормах. Количество таких примесей в шроте должно быть не более 0,1%, причем размер частиц должен быть не более 2 мм в наибольшем линейном измерении, а частицы не должны иметь острых режущих краев.

Общая ориентировочная проба на доброкачественность жмыха. Небольшое количество жмыха смачивают водой в стакане, закрывают сверху стеклом и ставят в термостат при 36—40° С. Через сутки определяют запах. У доброкачественного жмыха сохраняется обычный запах, который лишь несколько усиливается. Жмых испорченный пахнет гнилью.

Определение дихлорэтана в жмыхах и шротах. В заводских условиях дихлорэтан используют для экстракции жира, а большие остаточные его количества в корме крайне нежелательны. Они могут содержаться в экстракционных остатках при нарушениях технологического режима.

Приборы и посуда. Бюретки с кранами на 25 и 50 мл; конические колбы на 250 и 500 мл; колбы для омыления на 150 мл с пришлифованными водяными холодильниками; колбы мерные на 250 мл; водяная баня с электронагревом; воронка диаметром 10 см для фильтрования.

Реактивы и растворы. Этиловый спирт; химически чистые едкое кали или едкий натр; концентрированная азотная кислота; фенолфталеин; 0,03 н. раствор азотнокислого серебра; 0,03 н. раствор роданистого калия; насыщенный водный раствор железоаммонийных квасцов; ацетоновая замазка или коллодий.

Ход определения. На технических весах отвешивают 50 г измельченных жмыхов, пересыпают навеску в коническую колбу емкостью 500 мл и заливают 125 мл 96%-ного этилового спирта. Колбу закрывают хорошо пригнанной корковой пробкой и встряхивают жидкое содержимое 10—15 мин. Дают отстояться жидкости в колбе в течение 20—30 мин и фильтруют вытяжку из жмыха в чистую сухую колбу. В двух колбочках бюреткой отмеряют по 50 мл спиртовой вытяжки для омыления, туда же вносят по 6 г КОН или NaOH. Одновременно проводят и холостую пробу. В такую же колбочку для омыления вносят 50 мл 96%-ного этилового спирта и 6 г КОН или 4,3 г NaOH.

Омыление вытяжек ведут в колбочках с обратным холодильником в кипящей водяной бане в течение 3 ч, начиная отсчет времени от начала кипения жидкости. Перед началом омыления места присоединения колбочек к холодильникам смазывают ацетоновой замазкой или коллодием. После окончания омыления спирт из колб частично отгоняют, а остаток подкисляют 10%-ным раствором азотной кислоты до кислой реакции, проверяемой лакмусовой бумагой. После этого добавляют в каждую колбу по 0,15 мл концентрированной азотной кислоты.

Полученные растворы переносят в мерные колбы на 250 мл. Колбочки для омыления тщательно ополаскивают дистиллированной водой, которую также сливают в мерные колбы. Добавляют воду в колбу до метки. Из каждой колбы отбирают пипеткой для титрования по 100 мл жидкости. Добавляют в каждую колбу по 10 мл 0,03 н. раствора азотнокислого серебра и титруют 0,03 н. раствором роданистого калия при добавлении в качестве индикатора 2 мл насыщенного раствора железоаммонийных квасцов.

Если при прибавлении первой капли раствора роданистого калия в колбе появится розовая окраска, добавляют еще несколько миллилитров 0,03 н. раствора азотнокислого серебра. При титровании колбу постоянно взбалтывают.

Содержание дихлорэтана по взятой навеске жмыха вычисляют по формуле:

$$x,\ \% = \frac{(a - b) \cdot 6 \cdot 975 \cdot 100}{c},$$

где a — количество раствора роданистого калия, затраченное на титрование, мл; b — количество раствора роданистого калия, затраченного на титрование холостой пробы, мл; 6,975 — коэффициент для пересчета хлора в дихлорэтан с учетом количества спирта, взятого для титрования из общего количества экстракта; c — навеска жмыха, г.

Определение синильной кислоты в льняном жмыхе. Семена льна содержат цианогликозид линамарин, особенно в недозрелом состоянии. Под влиянием фермента линазы, также имеющейся в семени, во влажной среде и при некотором температурном оптимуме (25—50° С) под действием пищеварительных ферментов рубца линамарин расщепляется с образованием синильной кислоты. В некоторых случаях в 1 кг льняного жмыха может образоваться до 650 мг синильной кислоты.

Растворы и приготовление индикаторной бумаги. Уксуснокислый бензидин готовят, растворяя 3 г бензидина в 100 мл воды, прибавляя туда же 80%-ную уксусную кислоту до полного растворения бензидина.

Для приготовления бензидиновой бумаги полоски фильтровальной бумаги пропитывают 3%-ным раствором уксуснокислой меди и высушивают. Перед употреблением их замачивают приготовленным 20%-ным раствором уксуснокислого бензидина.

Для приготовления пикратной бумаги фильтровальную бумагу пропитывают 1%-ным раствором пикриновой кислоты, 3%-ным раствором уксуснокислой меди и высушивают. Затем смачивают 10%-ным раствором углекислого натрия и снова высушивают. Высушенная бумага имеет лимонно-желтую окраску. Ее нарезают узкими полосками.

Ход определения. 10—15 г исследуемого корма помещают в коническую колбочку и слегка подкисляют 1%-ным раствором соляной кислоты. Колбочку плотно закрывают пробкой, которая прижимает по краям индикаторные полоски бензидиновую и пикратную. Полоски прикрепляют пробкой так, чтобы они не касались исследуемого корма. Колбочку помещают в термостат при темпера-

туре 30—35° С. Если в корме содержалась синильная кислота, то бензидиновая бумажка будет иметь синий цвет, а пикратная — красно-оранжевый. Если они не изменят цвета в течение 48 ч, это указывает на отсутствие синильной кислоты в корме.

Приблизительное количество синильной кислоты в жмыхе или другом кормовом средстве можно определять и другим способом. В коническую колбу на 100 мл насыпают 10—15 г исследуемого корма, пропитывают его дистиллированной водой и приливают 5—6 мл 2%-ного раствора винной кислоты. Колбу закрывают корковой пробкой. Между пробкой и стенкой горла колбы зажимают фильтровальную бумажку, смоченную раствором следующего состава: 0,1 г гваяколовой смолы растворяют в 50 мл 95%-ного этилового спирта, раствор смешивают с 15 мл водного раствора сернокислой меди 1 : 1000, этой смесью пропитывают фильтровальную бумагу. При содержании в навеске 0,05 г синильной кислоты бумажка тотчас же интенсивно посинеет, при содержании синильной кислоты 0,001 мг бумажка посинеет через 1—2 мин.

Определение госсипола в хлопчатниковом жмыхе. В хлопчатниковых кормах (жмых, шрот, чигит, шелуха) содержится госсипол — гликозидоподобное соединение. Он вызывает отравление животных различных видов в результате накопления его в организме при длительном скармливании жмыха, шрота, чигита. В процессе переработки семян на заводах бо́льшая часть госсипола переводится в связанный, обладающий меньшей токсичностью.

Для определения хлопчатникового жмыха в комбинированных кормах на предметное стекло помещают небольшое количество жмыха, шрота или их отдельные частицы и наносят на них одну каплю концентрированной серной кислоты. Растительные частицы, содержащие госсипол, окрашиваются в красный цвет. Их можно хорошо рассмотреть под малым увеличением микроскопа или под сильной лупой. Из каждого образца исследуемого корма изготовляют и просматривают 5—6 препаратов.

Количество гиссипола в жмыхе определяют микрохимическим методом, основанным на его способности окрашиваться под действием серной кислоты в ало-красный цвет. В препарате из определенной навески хлопчатникового жмыха подсчитывают под микроскопом количество окрашенных точек (железок).

Из разных мест нескольких плиток жмыха отбирают небольшие кусочки и растирают их в ступке в мелкий порошок. Порошок высыпают на стол, покрытый стеклом, и тщательно перемешивают. Из разных участков рассыпного порошка берут небольшие его количества и отвешивают навеску 20 или 40 мг на аналитических или ручных весах. Навеску порошка равными частями распределяют на 8—10 предметных стеклах. Порошок на стекле смачивают 2—4 каплями серной кислоты, накрывают покровным стеклом и по возможности быстро рассматривают под малым увеличением микроскопа. Во всем препарате подсчитывают круглые или овальные черные железки, из которых вытекает красная жидкость или вокруг которых видна ярко-красная окраска, а также круглые ало-красные пятна с едва заметными остатками оболочек клеток. Количество окрашенных в красный цвет точек подсчитывают во всех препаратах, приготовленных из навески.

Процентное содержание гиссипола вычисляют по формуле:

$$x = \frac{A}{Б} \cdot 0{,}085,$$

где A — количество окрашенных точек во всех препаратах; $Б$ — величина навески, мг; 0,085 — постоянный коэффициент. Содержание госсипола — не более 0,01—0,02%.

Наиболее чувствительны к госсиполу молодняк, из взрослых животных — свиньи и лошади.

Нельзя скармливать хлопчатниковый жмых молодняку в раннем возрасте, а взрослым животным нельзя его скармливать длительное время подряд. После дачи такого жмыха в течение 2—3 месяцев надо делать перерыв на 20—30 дней.

Дойным коровам хлопчатникового жмыха дают не более 4 кг при постепенном приучении к нему, стельным коровам — до 2 кг (прекращают скармливать его за 10—15 дней до отела).

Телятам хлопчатниковый жмых дают с двухмесячного возраста, начиная с 100 г в сутки, к 4-месячному возрасту дневную дачу доводят до 250 г, к 6 мес — до 500 г, к годовалому возрасту — до 1 кг, а к 1,5 года и старше — 1,5 кг. Взрослым овцам хлопчатниковый жмых дают до 200 г.

Взрослым свиньям, супоросным и подсосным маткам дачу такого жмыха ограничивают 200 г, прекращают скармливать его за 10 дней до ожидаемого опороса и возобновляют дачу через две недели после него. Откормочным свиньям жмых дают до 1 кг в сутки.

Хлопчатниковый жмых можно обезвредить пропариванием (при этом добавляют около 10% по весу какой-либо муки). После пропаривания свободного госсипола остается не более 0,01%, что позволяет применять жмых для скармливания в указанных выше количествах.

Корма животного происхождения

Корма животного происхождения богаты белком, минеральными веществами, хорошо перевариваются. Такие корма, как мясокостная, мясная, кровяная, костная, рыбная, из отходов птицеводства (перьевая, мясо-перьевая), креветочная и крабовая мука, используются для балансирования рационов по переваримому протеину и минеральным веществам, а коровье молоко и продукты, остающиеся от его переработки (обрат, пахта, подсырная и творожная сыворотка), — для кормления молодняка.

Эти кормовые средства должны использоваться для кормления животных только тогда, когда они отвечают по своим качественным и количественным показателям требованиям ГОСТ (1857—53 и др.), приведенным в таблице 34.

В кормах животного происхождения (кроме молочных продуктов) поваренной соли должно быть не более 5%. Определяют содержание поваренной соли в этих кормах так же, как в комбикормах. Примеси песка в мясной, мясо-костной, кровяной и рыбной муке — не более 1%. Определение содержания песка проводится так же, как и в мучнистых кормах.

Отходы птицефабрик, используемые как кормовые средства, должны отвечать требованиям, установленным для них в работах ВНИТИП (табл. 35).

Кровяная, мясо-костная, костная и рыбная мука выпускается промышленными предприятиями в соответствии с ГОСТ и техническими условиями, гарантирующими ее доброкачественность. Однако в процессе транспортировки и хранения корма животного происхож-

34. Требования стандартов к кормам животного происхождения

Вид и сорт корма	Содержание, %				
	влаги (не более)	жира (не более)	золы (не более)	протеина (не более)	металломагнитных частиц диаметром до 2 мм, мг/кг (не более)
Мясо-костная мука:					
первый сорт	9	13	26	50	150
второй »	10	18	28	42	200
третий »	10	20	38	30	200
Мясная мука:					
первый сорт	9	14	11	64	150
второй »	10	20	14	54	200
Кровяная мука:					
первый сорт	9	3	6	81	150
второй »	11	5	10	73	200
Костная мука:					
первый сорт	10	10	60	20	100
второй »	10	15	—	15	200
Рыбная мука					
Приготовленная методом высушивания или экстрагирования:					
высшего сорта	12	5	—	57	100
первого »	12	8	—	52	100
второго »	12	10	—	50	100
Приготовленная методом прессования:					
высшего сорта	12	10	—	52	100
первого »	12	15	—	49	100
второго »	12	18	—	47	100
Мука креветочная	12	10	—	42	100
Мука крабовая	12	10	—	36	100
Мука из морских млекопитающих	12	10	—	48	100
Сухой обрат	7	1,5	—	70	—
Казеин	12	—	—	70	—

дения часто портятся и загрязняются. В связи с этим необходимо в ряде случаев исследовать доброкачественность и чистоту кормов животного происхождения.

В соответствии с требованиями государственных стандартов корма выпускают с заводов расфасованными в мешки, на которых указаны название предприятия, изготовившего корм, и его адрес, номер мешка (порядковый), вес его вместе с мукой (для стандартизированных продуктов номер ГОСТ). Каждая партия корма снабжается сертификатом, в котором указываются содержание протеина, золы, жира, влажность, общая питательность (в кормовых единицах) и время изготовления продукта.

35. Временные технические условия на корма, изготовленные из отходов птицефабрик (данные ВНИТИП, 1978)

Показатели	Мука			
	перьевая	мясо-перьевая	мясная	мясо-костная
Цвет	От желто-серого до темно-серого	От желто-серого до светло-коричневого	Желто-коричневый	Желто-коричневый
Запах	Без запаха или специфический	Специфический приятный		
Сыпучесть	Рассыпается, комков не образует			
Клейкость	Клеевых веществ не содержит			
Волокнистость	Волокон не имеет, состоит из однородных крупиц			
Содержание посторонних примесей:				
металлических	Содержит металлические неострые частицы диаметром до 5 мм в количестве до 200 г на 1 т или металлическую окалину не более 500 г на 1 т			
песка и гравия	Не допускается	Не более 2,5%	Не более 3%	Не более 2,5%
прочих (куски дерева, тканей и др.)	Допускается содержание примесей размером 5 мм в количестве не более 100 г на 1 т			
Способность корма к измельчению	Корм при дроблении рассыпается на крупинки диаметром до 3 мм, не склеивающиеся между собой; после измельчения мука имеет сыпучую консистенцию			
Тонкость помола	После просеивания через сито с отверстиями диаметром 3 мм остаток на сите не должен превышать 5%			
Химический состав, %:				
вода	7—12	7—12	7—12	7—12
сырой протеин	80	60	50	50
переваримый протеин	70	56	45	44
сырой жир	4	17	45	25
зола	3	8	12	25
Обменная энергия, ккал в 100 г	280	300	300	300
Кормовые единицы в 100 г муки	112	120	120	120

Цвет кровяной и мясо-костной муки коричневый, консистенция порошкообразная (проходит через сито с отверстиями 1 мм). Костная мука представляет собой белый порошок со слегка сероватым оттенком, проходит через сито с отверстиями 0,4 мм. Рыбная мука имеет несколько цветов: высшего сорта — светло-серый; первого сорта — желтоватый или серый; второго сорта — желтовато-серый или коричневый. По крупности помола различают мелкую рыбную муку, проходящую через сито с отверстиями 2,5 мм, и крупную, оставшуюся на сите. Мясная мука представляет собой желто-серый или коричневый порошок.

Запах кормов животного происхождения специфический. Затхлый, гнилостный или какой-либо посторонний запах рассматривается как признак порчи муки. В сомнительных случаях для определения запаха небольшое количество муки обливают в стакане горячей водой так, чтобы получилась густая кашица. Стакан накрывают стеклом и оставляют в покое на 30 мин и после этого, сдвинув стекло, определяют запах.

Бактериологическое и биологическое исследование мясной, кровяной, мясо-костной и костной муки. Пробу для бактериологического и биологического исследования берут металлическим свежеобожженным щупом в стерильную посуду, которую закрывают обожженной пробкой.

В зависимости от величины партии пробы берут из каждого 3-го, 5-го и 10-го мешка из трех мест (верх, середина, низ).

После основательного перемешивания всех выемок путем встряхивания в стерильной стеклянной посуде из пробы отвешивают навеску около 1 г и приготовляют на стерильном физиологическом растворе два разведения исследуемого продукта (1 : 100 и 1 : 1000). Содержимое колб с разведениями взбалтывают и оставляют в покое на 5—10 мин для отстоя. Из обоих разведений стерильными пипетками берут по 0,1 мл и высевают на расплавленный мясо-пептонный агар, к которому добавлен 1% глюкозы, а также на чашки с агаром. Кроме того, по 0,2 мл водного извлечения засевают в две пробирки с печеночным бульоном под вазелиновым маслом.

Чашки с посевами выдерживают в термостате при 37° С в течение 36—48 ч, после чего в чашках с мясо-пептонным агаром подсчитывают выросшие колонии, а затем пересчитывают их количество на содержание в 1 г. Чашки с агаром исследуют на наличие патогенных микроорганизмов (сибирской язвы, паратифа), а также E. coli и микроорганизмов группы B. proteus.

Пробирки с печеночным бульоном под маслом выдерживают в термостате не менее 5 суток, после чего вводят подкожно по 0,3—0,5 мл этого бульона двум белым мышам. Павших животных вскрывают и выделяют культуры патогенных микроорганизмов. Такая биологическая проба необходима для определения возбудителя рожи свиней, геморрагической септицемии и др.

Обнаружение B. coli и B. proteus свидетельствует о нарушении санитарного режима при производстве, хранении и транспортировке кормовых продуктов, а следовательно, указывает на отсутствие гарантии от возможности заноса в муку патогенной микрофлоры. Помимо этого Proteus vulgaris, обладающий протеолитическими свойствами, при неблагоприятных условиях хранения животных кормов может вызвать их порчу.

Кормовые продукты, в которых при исследовании обнаруживают патогенные виды микроорганизмов, нельзя использовать для кормовых целей. Мясо-костную, мясную и кровяную муку после двухмесячного хранения необходимо подвергать лабораторному исследованию для определения пригодности к скармливанию.

Определение кормовой ценности и доброкачественности молока и отходов при его переработке

Определение плотности молока. В соответствии с требованиями ГОСТ 3625—71 для определения плотности молока необходимо иметь молочный ареометр-лактоденсиметр с вмонтированным термометром и цилиндр на 250 мл. Хорошо перемешанное в бидоне молоко наливают в цилиндр примерно на 3/4 его объема и погружают в него ареометр-лактоденсиметр. Температуру и плотность молока определяют через 2 мин после установления прибора в спокойном состоянии (при отсчете показаний глаз исследующего должен находиться на уровне нижнего края мениска).

Если молоко в момент исследования имело температуру выше или ниже 20° С, результат измерения приводят к 20°, пользуясь данными таблицы, прилагаемой к прибору, в которой плотность молока выражена в градусах лактоденсиметра, являющихся дробной частью плотности, увеличенной в тысячу раз (например, прибор показывает плотность исследуемой пробы 29,5°, следовательно плотность молока 1,0295).

Доброкачественное нормальное молоко коров имеет плотность в пределах 1,027—1,032.

При отсутствии таблицы поправки к показаниям лактоденсиметра для приведения плотности к 20° вычисляются так: на каждый градус температуры делают поправку, равную 0,2. Если температура молока ниже 20° С, следует умножить 0,2 на число недостающих до 20° и из градусов ареометра вычесть полученное количество. Если же температура выше 20° С, то разницу, умноженную также на 0,2, прибавляют к градусам ареометра.

Показания лактодейсиметра могут быть использованы для определения разбавления молока водой, пользуясь следующей формулой.

$$x = \frac{П_1 - П_2 \cdot 100}{П_1},$$

где x — процент прибавленной воды к молоку; $П_1$ — плотность нормального неразбавленного молока (в градусах); $П_2$ — найденная плотность (в градусах).

Определение кислотности молока или молозива. Согласно ГОСТ 3624—67, в колбу или стакан на 100—200 мл пипеткой отмеряют 10 мл молока или молозива, прибавляют туда 20 мл дистиллированной воды и 3 капли 1%-ного раствора фенолфталеина. Содержание колбы или стакана перемешивают и титруют из бюретки 0,1 н. раствором KOH или NaOH до появления розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин. Умножив количество миллилитров израсходованной щелочи на 10, получают градус кислотности.

Свежее молоко имеет кислотность в пределах 17,5—18,5°. Кислотность молозива коров снижается от удоя к удою. Нормальное молозиво, выделяемое из здорового вымени коровы, имеет следующую кислотность: 1-го удоя после отела — 50—45°, 2-го — 45—42°, 3-го — 42—35°; на второй день — 35—30°, третий — 20—27°, четвер-

тый — 25—22°, пятый — 22—20°, шестой — 19,5—18,5°, седьмой — 19—18,5°.

Использовать для кормления телят молоко с кислотностью свыше 24—26° нельзя (из него можно готовить ацидофильную простоквашу).

Определение жира в молоке. Данное определение проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 5867—69.

Принцип метода заключается в том, что крепкая серная кислота, смешанная с молоком, растворяет его белки, сахара и другие составные части, а жир в присутствии изоамилового спирта при нагревании и центрифугировании выделяется в приборе — бутирометре (жиромере) в виде прозрачного слоя.

Оборудование. Молочные бутирометры и резиновые пробки к ним; молочная центрифуга на 1000—1500 оборотов в минуту с тахометром; водяная баня; пипетка-автомат для отмеривания кислоты; пипетка-автомат для отмеривания изоамилового спирта; химический термометр на 100°; градуированная или специальная пипетка с отметкой объема 11 мл.

Реактивы. Серная кислота (удельный вес 1,81—1,82); изоамиловый спирт.

Ход определения. В вымытый и высушенный бутирометр автоматической пипеткой наливают 10 мл серной кислоты, 11 мл исследуемого молока и 1 мл изоамилового спирта. Горлышко бутирометра закрывают сухой резиновой пробкой, обвертывают его полотенцем и энергично перемешивают содержимое. После этого бутирометр помещают пробкой вниз в водяную баню на 5 мин при температуре воды 65—70° С. Затем бутирометры обтирают полотенцем и помещают в гнезда молочной центрифуги (пробкой к внешней стороне, головками к центру, один против другого). При центрифугировании нечетного числа бутирометров в центрифугу для равновесия помещают один бутирометр, заполненный водой. Центрифугируют 5 мин при закрытой крышке и скорости 1000 об/мин, которую контролируют по тахометру (прибор, укрепленный на оси центрифуги).

После этого бутирометры вторично помещают пробкой вниз в водяную баню при 65—70°. Через 5 мин их вынимают из бани и быстро отсчитывают процентное содержание жира. Для этого винтовыми движениями пробки вверх и вниз доводят нижнюю границу столбика прозрачного жирового слоя до границы целого деления в узкой градуированной части бутирометра и отсчитывают процент жира до нижней точки мениска столбика. Показания бутирометра соответствуют количеству граммов жира к 100 мл молока (объем 10 малых делений шкалы бутирометра по ГОСТ 1962—50 соответствует 1 г жира в 100 мл молока).

Определение сухого вещества, молочного сахара, казеина, альбумина и золы в молоке расчетным способом. Зная плотность молока в градусах молочного ареометра (лактоденсиметра) и количество жира в процентах, можно, пользуясь формулой, достаточно точно определить в исследуемой пробе количество сухого вещества (x):

$$x = \frac{4,8 \cdot Ж \cdot К}{4},$$

где Ж — содержание жира, %; К — плотность молока, градусы лактоденсиметра; 4,8 и 4 — постоянные величины.

Зная содержание жира в молоке и его удельный вес в градусах лактоденсиметра, можно вычислить процентное содержание других составных частей молока (молочный сахар, казеин, альбумин, зола). Для этого надо умножить сумму двух показателей (К+Ж) на коэффициенты, определенные Я. С. Зайковским. Так, содержание в молоке будет:

молочного сахара — (К+Ж) · 0,135; казеина — (К+Ж) · 0,083; альбумина — (К+Ж) · 0,018; золы — (К+Ж) · 0,020.

Ценным белковым кормом для молодняка является снятое молоко — обрат. Пахта — побочный продукт маслоделия, который используется в кормлении поросят, реже телят. Она содержит те же вещества, что и молоко, но в других соотношениях и скармливается в свежем виде (сладкой) или кислой. Молочная сыворотка — побочный продукт при производстве творога, сыра и технического казеина. Она содержит полноценные белки (альбумин, глобулин), большое количество молочного сахара, витаминов и минеральных солей. В связи с небольшим содержанием белка молочная сыворотка малопригодна для скармливания молодняка, но очень хорошо используется откармливаемыми свиньями.

Комбикорма

Комбикорма — смесь различных кормовых средств, предварительно измельченных и смешанных в соответствии с научно обоснованными рецептами. Такая смесь составных частей комбикорма обеспечивает наиболее полное использование питательных и диетических составных частей комбикорма животными определенных видовых, возрастных и продуктивных групп.

Комбикормовые заводы и кормовые цехи крупных хозяйств выпускают корма рассыпные, брикетированные (в виде плиток небольшого размера) или гранулированные (в виде мелких цилиндриков).

Комбикормовая промышленность выпускает корма с гарантированным соответствием их государственным стандартам и утвержденным рецептам при полной доброкачественности. При этом потребителям выдается качественное удостоверение (сертификат) на партию комбикорма, в котором указываются название завода-изготовителя, адрес его, для какой группы животных предназначается комбикорм, рецепт (перечисление и соотношение составных частей его), наличие сырой клетчатки и питательность его, выраженная в кормовых единицах при определенном наличии переваримого протеина, а также указывается, обогащали ли корма витаминами, микроэлементами и иногда антибиотиками (террамицин и др.). К некоторым комбикормам для жвачных добавляется карбамид (мочевина), обогащающий их азотом, о чем делаются отметки в сертификате.

При неправильной транспортировке и небрежном хранении комбикорма теряют свою доброкачественность, и скармливание их животным может вызывать заболевания (желудочно-кишечные и др.).

Доброкачественные комбикорма, строго отвечающие требованиям государственных стандартов, могут быть изготовлены только из высококачественного сырья. Сырье для комбикормовой промышленности должно отвечать определенным санитарно-зоогигиеническим и зоотехническим требованиям. Эти требования в отношении зерновых культур изложены в таблице 36.

36. Ограничительные показатели качества зерновых культур, используемых при производстве комбикормов, % (не более)

Показатели	Зерно кукурузы	Кукуруза в початках	Овес	Ячмень	Просо	Пшеница	Рож	Горох	Вика
Влажность	16	16	16	15,5	15	16	16	16	17
Сорная примесь, всего	5	3	8	8	8	8	5	5	5
В том числе вредная примесь горчак и вязель (вместе или в отдельности)	—	—	0,2 0,1	0,2 0,1	—	0,2 0,1	0,2 0,1	—	—
спорынья или головня (вместе или в отдельности)	—	—	0,1 0,5	0,1 0,5	—	0,1 0,5	0,1 0,5	—	—
Зерна, поврежденные болезнями	2	—	—	—	—	—	—	—	—
Початки, поврежденные болезнями	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Зерновая примесь	15	—	15	15	15	15	15	15	15
Неполноценные початки, всего	—	8	—	—	—	—	—	—	—
В том числе пораженные болезнями	—	—	—	—	—	—	—	—	—
обрушенные здоровые початки	—	10	—	—	—	—	—	—	—

37. Ограничительные показатели качества продуктов и отходов промышленности, используемых при производстве комбикормов

Сырье	Влажность, % (не более)	Металломагнитная примесь, мг/кг (не более)	Сырой протеин, % (не более)	Жир, % (не более)
Мука:				
из морских млекопитающих	12	100	48	10
крабовая	12	100	36	10
креветочная	12	100	42	10
Мука кормовая животного происхождения:				
мясо-костная	9—10	150—200	30—50	13—20
мясная	10—12	150—200	54—64	14—20
кровяная	9—11	150—200	—	3—6
костная	10	150—200	16—20	10—15
Кормовые дрожжи	10	30	43—50	—
Барда сухая	12	150	—	—
Кукурузные корма сухие:				
без экстракта	12	50	20	—
с экстрактом	12	50	22	—
Пшеничные корма сухие	12	50	20	—
Жом свекловичный сухой	13	100	—	—
Мелассса	25	—	—	—
Солодовые ростки	12	100	—	—
Пивная дробина	12	100	—	—
Жмых:				
подсолнечниковый низколузговый	8	100	50	7
обыкновенный	8	100	44	7
льняной	8	110	34	7
соевый	10	—	42,5	8
хлопчатниковый (в зависимости от сорта)	8,5—9	—	40—45	8,5—9
молотый	12	—	38	9
конопляный из нешелушеных семян	10	—	33	9
Шрот:				
подсолнечниковый	9,5 (не менее 7)	100	45	1,5
льняной	9 (не менее 6)	110	36	2,5
соевый	10	100	45	1,5
хлопчатниковый кормовой (в зависимости от сорта)	9	110	42—46	1,75—2,5

В состав некоторых комбикормов входят некоторые продукты и отходы мясной, рыбной, маслобойной, пивоваренной, сахарной и микробиологической промышленности. Данные о качественных показателях этих источников сырья для комбикормов приводятся в таблице 37.

При определении показателей качества сырья для комбикормов нужно пользоваться методами, описанными в соответствующих разделах справочника.

Необходимо учитывать, что содержание свободного госсипола в хлопчатниковом шроте в пересчете на абсолютно сухое вещество должно быть: для первого сорта — следы, для второго — не более 0,02%. В рыбной муке и муке из морских млекопитающих должно быть поваренной соли не более 5%.

Основные требования государственных стандартов к комбикормам-концентратам приводятся в таблице 38.

Введением в комбикорм травяной муки увеличение содержания сырой клетчатки должно быть не более 3%. Общая питательность 100 кг комбикорма при этом не должна уменьшатся более чем на 3 корм. ед.

Оценку доброкачественности комбикорма начинают с осмотра его на месте хранения, используя органолептические приемы. Комбикорм должен быть в партии однородным по внешнему виду и не иметь признаков плесени.

Цвет комбикорма зависит от набора входящих в него ингредиентов. Чаще он бывает серого цвета с различными оттенками, что определяется цветом преобладающего в рецепте компонента. Так, например, при большом количестве кукурузы он имеет желтоватый оттенок, травяной муки — зеленоватый.

Запах доброкачественного комбикорма зависит от запаха его составных частей. Наличие в нем травяной муки придает запах сена, рыбной муки — запах сушеной рыбы.

При хранении комбикормов в сырых складских помещениях или увлажнении при транспортировке они приобретают запахи, характеризующие потерю ими доброкачественности (затхлый, плесневелый, гнилостный). Корма могут приобретать и посторонние запахи (бензина, керосина, медикаментов и др.) при небрежной транспортировке или хранении в неподготовленных складских помещениях.

Результаты осмотра комбикормов на месте хранения не всегда дают основание для дачи заключения их доброкачественности. В таких случаях необходимо прибегать к лабораторному исследованию, особенно в случаях длительного хранения в хозяйстве (больше месяца).

При отборе средней пробы для лабораторного исследования руководствуются общими правилами взятия выемок, перемешивания их и составления средней пробы. Брикетированные корма при отборе пробы разрыхляют, а гранулированные корма направляют в естественном виде.

Подготовка образца комбикорма для лабораторного исследования. Для определения показателей комбикорма, характеризующих его доброкачественность и соответствие стандарту или техническим условиям, в лаборатории производят физические, химические и микробиологические исследования. Из средней пробы отбирают навески, используя прием квартования.

Комбикорм рассыпают на столе, выравнивают его линейкой в виде квадрата. Линейкой делят квадрат двумя диагоналями на

38. Основные требования государственных стандартов к комбикормам для различных видов, возрастных и продуктивных групп животных

Группы животных, для которых предназначен комбикорм	Содержание			Крупность помола: остаток на сите с отверстиями диаметром		Металломагнитных примесей — частиц до 2 мм, мг/кг (не более)
	кормовых единиц в 100 кг комбикорма (не менее)	сырого протеина, % (не более)	сырой клетчатки, % (не более)	3 мм	5 мм	
				% (не более)		
Свиньи:						
поросята-сосуны	105	17	5	5	Не допускается	10
поросята-отъемыши 2—4-месячного возраста	100	17	7	5	То же	10
ремонтный молодняк в возрасте 4—9 мес	85	15	9	10	»	25
матки в период подготовки к случке и в первый период супоросности	85	14,5	10	12	»	20
матки во второй половине супоросности и подсосные	86	16	10	12	»	20
хряки-производители	90	18	9	12	»	20
беконный откорм	95	15	8	10	»	20
мясной откорм	85	15	9	10	»	20
сальный откорм	85	11	10	10	»	20
контрольный откорм	105	14,5—16,5	6	5	»	30
Крупный рогатый скот:						
телята в возрасте до 6 мес	105	16	6	10	»	8
молодняк в возрасте 6—12 мес	85	17	10	10	»	20

Продолжение

Группы животных, для которых предназначен комбикорм	Содержание			Крупность помола: остаток на сите с отверстиями диаметром		Металломагнитных примесей — частиц до 2 мм, мг/кг (не более)
	кормовых единиц в 100 кг комбикорма (не менее)	сырого протеина, % (не более)	сырой клетчатки, % (не более)	3 мм	5 мм	
				% (не более)		
дойные коровы	80	15	—	30	5	30
быки-производители	90	17	—	30	5	30
молодняк на откорме	85	15	10	10	Не допускается	20
взрослый крупный рогатый скот на откорме	75	10	—	30	5	30
Овцы:						
ягнята в возрасте 4 мес	95	19	10	5	Не допускается	15
молодняк старше 4-месячного возраста	90	17	12	12	2	20
суягные и подсосные матки	85	13,5	12	12	2	30
Лошади рабочие	85—105	14—17	11	5	5	25

четыре треугольника. Комбикорм двух противолежащих треугольников полностью удаляют со стола, а оставшуюся часть собирают снова в квадрат и делят на четыре треугольника. Так поступают до тех пор, пока на столе не останется необходимого для анализа количества корма.

Определение крупности размола и наличия цельных зерен и семян. Берут 100 г комбикорма из отобранного для анализа и просеивают через набор сит с отверстиями диаметром 1, 2, 3 и 5 мм. При просеивании надо делать 110—120 колебательных движений в минуту на расстоянии 10 см по горизонтали. Остаток на каждом сите взвешивают с точностью до 0,1 г и вычисляют вес каждой фракции в процентах, сопоставляя эти данные с требованиями стандартов.

После этого на стеклянной пластинке с подложенной под нее черной бумагой подсчитывают в каждой фракции количество неразмолотых зерен и семян культурных и дикорастущих растений. Цельными (неразмолотыми) зернами и семенами следует считать все, у которых не нарушены плодовые и семенные оболочки.

Часть взятой средней пробы, предназначенной для лабораторных исследований, если в ней находятся неразмолотые зерна и кусочки жмыхов, растирают в фарфоровой ступке пестом или на лабораторной мельнице, чтобы весь корм проходил через сито с круглыми отверстиями 1 мм и остаток на сетке не должен превышать 4% веса взятого для измельчения комбикорма. Этот остаток состоит из неразмолотых частиц, зерновых пленок, которые надо прибавить к посеву и тщательно перемешать. Измельченный комбикорм хранят в банке с плотной крышкой.

Определение общей кислотности. В коническую колбу емкостью 500 мл насыпают 25 г комбикорма, заливают 250 мл дистиллированной воды, закрывают колбу пробкой и взбалтывают в течение 10 мин. После этого колбу оставляют на 35 мин, взбалтывая ее через каждые 3—4 мин. Жидкость из колбы фильтруют через сухой фильтр в чистую колбу. В маленькую колбу или химический стакан на 100 мл переносят мерной пипеткой 25 мл фильтрата и титруют 0,1 н. раствором NaOH или KOH с индикатором фенолфталеином. Кислотность высчитывают по формуле:

$$K = \frac{A \cdot П \cdot 40}{10}, \text{ или } 4 \cdot A \cdot П,$$

где К — градусы кислотности; А — количество 0,1 н. раствора щелочи, израсходованное при титровании, мл; П — поправка титра раствора на точный 0,1 н. раствор.

Определение примеси песка. Песок в комбикормах определяют в специальном приборе конструкции ЦНИЛкомбикорм. Он представляет собой стеклянный сосуд емкостью 200—250 мл в виде цилиндра с притертой пробкой и хорошо притертым краном внизу. В кране прибора есть углубление емкостью 2 мл.

Ход определения. Навеску измельченного комбикорма 5 г насыпают в прибор и обливают 50 мл тетрахлорметана (удельный вес 1,59) или технического хлороформа (удельный вес 1,48). Смесь взбивают и оставляют в покое на 5 мин. Песок и другие минеральные примеси собираются в углублении крана прибора.

Затем кран поворачивают на 90°, удаляют пробку из шейки прибора, вливают на фильтр в воронке жидкость с органическими частями корма и вынимают кран с минеральными примесями.

Минеральные примеси обрабатывают 10%-ным раствором соляной кислоты для растворения осевших вместе с песком минеральных составных частей комбикорма, фосфорнокислой извести и др. Остаток переносят на гладкий беззольный фильтр и промывают дистиллированной водой, после чего фильтр помещают в прокаленный и взвешенный тигель, подсушивают, сжигают, охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Содержание песка в комбикорме вычисляют по формуле:

$$x = \frac{100 \cdot Б}{A},$$

где x — содержание песка в комбикорме, %; А — навеска комбикорма, г; Б — вес остатка после прокаливания, г.

При отсутствии прибора содержание песка в комбикорме можно определить, пользуясь следующими приемами.

Навеску комбикорма около 5 г помещают в стаканчик емкостью 100 мл, приливают туда 50 мл четыреххлористого углерода и тщательно размешивают стеклянной палочкой. Приставшие к палочке

частицы комбикорма смывают в стаканчик тем же четыреххлористым углеродом. Стаканчик накрывают чистым стеклом и оставляют на 5 мин, затем осторожно декантируют четыреххлористый углерод. После этого в стаканчик наливают 30 мл 1%-ного раствора соляной кислоты и кипятят 5 мин. Стаканчик должен быть закрыт чистым стеклом. Затем осадок переносят на беззольный фильтр и промывают несколько раз горячей дистиллированной водой. Фильтр с осадком переносят в прокаленный и взвешенный на аналитических весах фарфоровый тигель, подсушивают, озоляют, прокаливают и взвешивают.

Процентное содержание песка вычисляют по формуле:

$$x,\ \% = \frac{(a-b)\cdot 100}{c},$$

где a — масса тигля с песком, г; b — маса пустого тигля, г; c — навеска комбикорма, г.

Примесь песка в комбикормах для свиней, телят, ягнят, взрослой птицы, лошадей допускается в количестве до 0,5%; в комбикормах для кроликов, нутрий, молодняка птицы — не более 0,3%; в комбикормах для цыплят — 0,2%, для крупного рогатого скота и откормочных свиней — не более 0,7%.

Определение содержания поваренной соли в комбикорме с помощью азотнокислой ртути. При пользовании этим методом многие ионы, мешающие определению поваренной соли с азотнокислым серебром, не оказывают влияние на точность определения.

Приборы и посуда. Бюретки, мерные колбы на 200 и 1000 мл, аппарат для встряхивания.

Реактивы. Азотная кислота (концентрированная); нитрат окисной ртути; фиксанал поваренной соли; индикатор дифенилкарбазон или нитропруссид натрия.

При приготовлении 0,05 н. раствора азотной окиси ртути 8,5 г нитрата окисной ртути вносят в мерную колбу на 1 л, прибавляют 0,3 мл концентрированной азотной кислоты и доводят до метки дистиллированной водой. Раствор хорошо перемешивают.

Титр раствора нитрата окисной ртути устанавливают по 0,5 н. раствору хлористого натрия в присутствии индикатора дифенилкарбазона или нитропруссида натрия. Титрование проводят при индикаторе дифенилкарбазоне до появления неисчезающего синего окрашивания и при индикаторе нитропруссиде натрия до появления неисчезающей мути.

Азотнокислую ртуть можно приготовить из окиси ртути. Для этого 5,5 г желтой окиси ртути растворяют в 10 мл концентрированной азотной кислоты в мерной колбе на 1 000 мл, доводят до метки дистиллированной водой, хорошо перемешивая содержимое. Раствор фильтруют через складчатый фильтр, удаляя небольшое количество хлопьевидного осадка.

10%-ный раствор нитропруссида натрия готовят на дистиллированной воде, а дифенилкарбазон в виде насыщенного раствора — в 96%-ном этиловом спирте.

Ход определения. 10 г исследуемого комбикорма вносят в мерную колбу на 200 мл, приливают туда 100 мл дистиллированной воды, тщательно перемешивают в течение 15 мин (лучше во встряхивающем приборе — шуттель-аппарате). Затем содержимое доводят водой до метки и отфильтровывают.

Для титрования берут 50 мл фильтрата, добавляют в него две капли концентрированной азотной кислоты, 8 капель дифенилкарбазона или 0,3 мл 10%-ного нитропруссида натрия, хорошо перемешивают. Титруют 0,05 н. раствором азотнокислой ртути до слабо-фиолетового окрашивания при дифенилкарбазоне или до появления неисчезающей мути при нитропруссиде натрия. Одновременно проводят холостой анализ, при котором вместо фильтрата берут 50 мл дисциллированной воды, приливают две капли дифенилкарбазона и титруют раствором азотнокислой ртути до слабо-фиолетового окрашивания.

Процентное содержание поваренной соли в комбикорме вычисляют по формуле:

$$x = \frac{(ak - bk)\, г \cdot 100 \cdot 0{,}0029}{cH},$$

где k — поправка тира для 0,05 н. раствора азотнокислой ртути; a — количество 0,05 н. раствора азотнокислой ртути, затраченного на титрование исследуемого раствора, мл; b — количество 0,05 н. раствора азотнокислой ртути, затраченного на титрование холостой пробы, мл; $г$ — объем жидкости в мерной колбе 200 мл; 0,0029 — количество хлористого натрия, соответствующее 1 мл 0,05 н. раствора азотнокислой ртути, г; c — навеска комбикорма; H — количество фильтрата, взятого для титрования, 50 мл.

Токсические дозы поваренной соли для свиней 2—2,5 г/кг при хорошей упитанности животных и 1 г/кг при плохой. Для птицы летальная доза соли 3—4,5 г/кг массы.

Исследование комбикормов на содержание металломагнитных примесей. Определение металломагнитных примесей производят так же, как в зерновых кормах. Если в извлеченных частицах есть примесь тонкой мучной пыли, то их 2—3 раза обезжиривают в небольшом количестве серного или петролейного эфира, налитого в маленький стаканчик (бюкс). Растворитель сливают, осадок высушивают на воздухе, а затем извлекают магнитом из стаканчика на часовое стекло частицы и взвешивают их.

Крупные металлические частицы пинцетом переносят на миллиметровую бумагу, располагая каждую из них вдоль одной стороны любого квадрата, затем определяют максимальный размер частиц (допустимая величина частиц в пределах 2 мм). Металлических частиц с острыми краями в комбикормах не должно быть.

Определение в комбикормах неразмолотых семян культурных, сорных и ядовитых растений. Для зоогигиенической оценки комбикормов особенно важно исключить наличие семян ядовитых растений, обладающих токсическими свойствами.

Навеску комбикорма просеивают через сита с отверстиями диаметром 2 и 1 мм. Часть навески, оставшуюся на ситах, переносят на стекло, где отделяют друг от друга целые зерна культурных растений, плоды и семена сорняков и ядовитых растений. Каждую из отобранных групп неядовитых семян, плодов и культурных растений взвешивают с точностью до 0,001 г и вычисляют процентное содержание каждой группы в навеске.

Микроскопическое определение спор головневых грибов. Навеску комбикорма 10 г, измельченную до размера частиц 1 мм, сушат при 100° С и тщательно растирают в фарфоровой ступке. Для равномерного распределения спор во время растирания прибавляют в ступку небольшое количество эфира.

Берут 0,1 г растертого комбикорма и пробирку, приливают 10 мл 0,5%-ного раствора КОН, взбалтывают и нагревают на пламени горелки или спиртовки до получения прозрачного клейстера. В коллоидальном растворе крахмала споры головни распределяются равномерно, причем под влиянием раствора КОН темноокрашенные частицы просветляются.

Пробирку охлаждают в струе воды под краном. После тщательного взбалтывания берут пастеровской тонкой оттянутой пипеткой каплю раствора, наносят ее на сетку счетной камеры Горяева, покрывают стеклом и рассматривают под микроскопом. Подсчет спор головни следует вести по всей сетке при увеличении в 300 раз при хорошем освещении, пользуясь вогнутым зеркалом.

После подсчета пробу из камеры смывают водой, вытирают ее мягкой отбеленной тряпочкой (батист, полотно), отламывают у пипетки кончик с остатками крахмала и набирают новую пробу из пробирки.

Споры представляют собой коричневые, иногда сероватые шарообразные клетки, имеющие гладкую (Telletia laevis, Ustillago lensenti) или сетчато-утолщенную (Telletia caries) поверхность.

Споры подсчитывают в 10 препаратах и выводят по 10 подсчетам среднее число спор, приходящихся на один подсчет. Содержание спор головни рассчитывают по формуле:

$$x,\ \% = \frac{0{,}1 \cdot A}{0{,}9},$$

где x, % — содержание головни; A — найденное число спор в пересчете на одну сетку; 0,1 и 0,9 — коэффициенты для пересчета, установленные опытным путем при добавлении 0,1% спор головни к корму, свободному от них.

Определение спорыньи в комбикормах. Для определения примеси спорыньи берут в пробирку 1 г образца комбикорма, измельченного до размера частиц 1 мм, приливают 7 мл хлороформа (удельный вес 1,48) и 2 мл 95%-ного этилового спирта.

После отстанвания в течение 2—3 ч подсчитывают число всплывших наверх частичек почти черного и сероватого цвета. Для определения процентного содержания спорыньи можно пользоваться таблицей 39.

39. Определение процентного содержания спорыньи

Содержание спорыньи, %	Число всплывших частиц	Содержание спорыньи, %	Число всплывших частиц
До 1,0	30	До 0,12	4—6
До 0,5	15—18	До 0,06	2—3
До 0,25	8—10	<0,06	1

Принадлежность всплывших частиц к спорынье проверяют под микроскопом, исследуя их в капле глицерина при 100—300-кратном увеличении. У спорыньи под микроскопом видно характерное строение войлочной или ложной паренхимы, которая образуется сплетением грибных нитей. В поперечном разрезе можно видеть ложную паренхиму в виде тонкостенных или продолговатых клеток различной величины. Эти клетки — перерезанные гифы, между которыми имеются свободные межклеточные пространства разных размеров. По периферии бывают заметны 1—2 ряда клеток фиолетового цвета. Под действием слабых кислот (соляной или серной) этот цвет переходит в красный.

Вредных примесей (куколя, плевела опьяняющего, головни) в комбикорме может быть не свыше тех количеств, которые допускаются в сырье. Примеси триходесмы седой и гелиотропа опушенноплодного не должно быть в любых комбикормах. Наличие спорыньи, горчака и вязеля в комбикормах для поросят-отъемышей, маток второго периода супоросности и подсосных, а также для телят до 6-месячного возраста не допускается.

В остальных комбикормах спорыньи допускается не более 0,05%, горчака и вязеля (в отдельности или вместе) — не более 0,04%. Целых семян не должно быть в комикорме более 0,7%, в том числе семян дикорастущих растений не более 0,1%.

Определение содержания карбамида в комбикорме. Принцип определения заключается в том, что содержание аммиака, выделяющегося при разложении карбамида, определяют путем диффузии его с поглощением адсорбирующей жидкостью.

Приборы и посуда. Чашка Конвея с наружным диаметром 7 см и внутренним 4 см, высотой 1,8—2 см; колбы Кьельдаля; колбы конические на 1 л; мерные цилиндры на 25 и 10 мл.

Реактивы и растворы. 0,1 н. раствор серной кислоты; 0,1 н. раствор NaOH; пергидроль; медный купорос; 33%-ная NaOH; метилоранж.

Ход определения. В сухую колбу емкостью 1 л отвешивают 100 г комбикорма, приливают 500 мл дистиллированной воды, закрывают пробкой, взбалтывают содержимое 10 мин и оставляют на 30 мин. Жидкость из колбы отфильтровывают через бумажный фильтр в колбу. Вливают 2 мл фильтрата в колбу Кьельдаля и минерализуют его 1 мл концентрированной серной кислоты, приливая к ней 0,6—1 мл пергидроля.

Содержимое колбы Кьельдаля переливают в мерный цилиндр на 25 мл, смывая остатки в колбе несколько раз небольшими количествами дистиллированной воды. Из цилиндра две порции жидкости по 10 мл пипетками вводят во внешние камеры каждой из чашек Конвея.

Внутренние камеры заполняют 5 мл 0,1 н. раствора серной кислоты и добавляют туда 1 каплю индикатора метилоранжа. Содержимое в обеих чашках прикрывают притертой крышкой, смазанной вазелином, и немного сдвигают их в сторону, чтобы в образовавшуюся щель можно было осторожно прилить 2 мл 33%-ного раствора NaOH, после чего крышку быстро и плотно пригоняют к чашке.

Оставляют чашки на 6 ч, затем снимают крышку и жидкость во внутренней камере оттитровывают 0,1 н. раствором щелочи до желтой окраски. Процентное содержание карбамида вычисляют по формуле:

$$x,\ \% = \frac{(ak - bk_1) \cdot 0{,}0014 \cdot 2{,}143 \cdot 100 \cdot F \cdot 20}{c \cdot \partial \cdot 10},$$

где a — количество 0,1 н. раствора серной кислоты, мл; b — количество 0,1 н. раствора едкого натра, мл; k и k_1 — поправки на со-

держание кислоты и щелочи для перевода в децинормальный раствор; 0,0014 — количество азота, эквивалентное 1 мл 0,1 н. раствора серной кислоты, г; 2,143 — коэффициент пересчета содержания азота на карбамид; *с* — навеска корма, г; *д* — количество вытяжки, взятое непосредственно для определения, мл; 20 — объем вытяжки после сжигания, мл; 10 — количество вытяжки, взятое для определения в чашках Конвея, мл; *F* — объем жидкости, взятой для смешивания с 100 г комбикорма, 500 мл.

Для жвачных (крупный рогатый скот, овцы, козы) в суточной даче комбикорма должно быть не более 4% карбамида. Комбикорм и другие обогащенные карбамидом корма следует скармливать в 2—3 дачи.

Наиболее безопасные методы использования карбамида — внесение его в силосуемую массу (при закладке ее в траншею или башню) или добавление на заводе в комбикорма в виде добавки.

МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОРМОВ

ВЗЯТИЕ СРЕДНЕЙ ПРОБЫ КОРМОВ

При анализе кормов большое значение имеет правильный отбор средней пробы. Средний образец должен быть по своему химическому составу и главнейшим свойствам по возможности точной копией всей партии корма.

Согласно стандартам на корма (ГОСТ 134960—79 на комбикорм, ГОСТ 4808—75 на сено и др.), предложена определенная терминология. Так, **партией** считают любое количество однородного корма (например, сена одного вида и класса), изготовленного по одному рецепту и предназначенного к одновременной приемке, отгрузке, сдаче или хранению.

Выемка (разовая проба) — небольшое количество корма, отобранное от партии за один прием для составления исходного образца.

Исходный образец (общая проба) — совокупность всех выемок, отобранных от одной партии корма, взятых из разных мест хранилища, скирды, вагона и др.

Средняя проба (образец) отбирается из исходного образца после тщательного перемешивания. Из средней пробы корма берут точно отвешенные навески корма для определения отдельных показателей питательности и качества корма.

Каждая средняя проба корма, направляемого на анализ, должна иметь паспорт с указанием хозяйства, района, области, отделения, бригады, ботанического состава корма, фазы вегетации (для сена, сенажа и др.), технологии, сроков приготовления, основных показателей органолептической оценки. После проведения лабораторного анализа в паспорт вносят данные оценки качества корма и содержания в нем питательных веществ.

Взятие средней пробы сена (ГОСТ 4808—75). Среднюю пробу сена в хозяйствах отбирают после завершения заготовки сена, но не позднее 30 суток после его закладки в стога, скирды, сараи.

Разовые пробы из непрессованного сена отбирают вручную или пробоотборником по 200—250 г с каждого места. От партии непрессованного сена массой до 25 т отбирают 20 разовых проб, от каждых последующих 5 т сена — 4 разовые пробы.

От партии прессованного сена массой до 15 т отбирают пробы от 3% тюков (не менее 5), а от партии сена 15—50 т — 1% тюков (не менее 15). От каждого отобранного тюка прессованного сена отбирают разовые пробы. Для этого снимают проволоку или шпагат, затем осторожно (без разрыва трав и лишнего образования трухи) отбирают от каждого тюка по одному пласту: из первого тюка — пласт с края, из второго — рядом с крайним, из третьего — следующий пласт и т. д.

Общая проба может быть очень большая (не менее 5 кг), поэтому для получения средней пробы сена все разовые пробы объе-

диняют, помещают на брезент размером 2×2 м и осторожно перемешивают, не допуская ломки растений и образования трухи.

Из общей пробы сена выделяют среднюю пробу для анализа массой не менее 1 кг. Для этого не менее чем из 10 различных мест отбирают пучки сена массой 90—100 г таким образом, чтобы образовавшаяся труха и мелкие части растений тоже были включены в пробу. Сено средней пробы закатывают в плотную бумагу.

Для определения содержания воды в сене пробу весом 300 г отбирают отдельно и помещают в стеклянную банку с притертой пробкой и затем направляют в лабораторию.

Поступившее в лабораторию сено записывают в регистрационную книгу, описывают результаты его осмотра: внешний вид, ботанический состав, цвет, запах, признаки порчи, наличие примеси (земля, металлические и др.).

Взятие средней пробы сенажа и силоса (ГОСТ 23637—79 и ГОСТ 23638—79). Пробы силоса и сенажа берут из мест хранения (башни, траншеи, ямы), заполненные однородным сырьем. Когда силос или сенаж приготовлен из разнородных растений, среднюю пробу составляют для каждого вида сырья, если оно занимает объем не менее $^1/_4$ башни или траншеи. Пробы для анализа отбирают из траншей не позднее чем за 10 дней, из башен за 5 дней до скармливания животным или передачи другим хозяйствам, но не ранее чем через 4 недели после закладки его на хранение и окончания процесса консервирования. Для отбора проб сенажа из траншей и башен применяют пробоотборники ручной (конструкции Ленинградской областной агрохимической лаборатории) и механический ПС-1 (конструкции Центрального института агорохимического обслуживания). Из траншей пробы отбирают на глубину не менее 2 м, а если слой сенажа меньше 2 м — на всю толщину слоя. Из башен пробы отбирают вначале из верхнего слоя сенажа глубиной 2 м, а после выемки этого слоя — из оставшейся части на глубину не менее 2 м.

Из траншей отбирают три точечные пробы (проба 1 — в центре одной из наклонных частей на расстоянии 5 м от торцовых сторон сооружений; проба 2 — в траншеях с прямыми стенами на расстоянии 0,5 м, с наклонными стенами — 1 м от одной из стен в средней части; проба 3 — в центре траншеи). Каждую точечную пробу сенажа помещают в отдельный пакет из полимерной пленки. Из башен при каждом отборе проб также отбирают три толченые пробы (проба 1 — в центре, проба 2 — на расстоянии 2 м, проба 3 — на расстоянии 0,5 м от стены башни). Масса каждой точечной пробы должна быть не менее 0,5 кг.

Перед взятием точечных проб сенажа и силоса снимают слой укрытия до пленки. В пробу для анализа не включают силос и сенаж, взятые из верхних слоев из траншей на глубине 20 см, из башни — 50 см. Точечные пробы сенажа из башни объединяют в одну пробу, помещают в пакет из полимерной пленки и тщательно перемешивают.

Пробы сенажа и силоса, взятые из траншей, перемешивают и методом квартования берут часть корма для анализа. В зависимости от емкости траншей массу сенажа (M_1, M_2, M_3) в граммах, отбираемую от точечных проб 1, 2 3, вычисляют по формулам:

$$M_1 = 1{,}5\,\frac{2h+1}{l-2h-1};$$

$$M_2 = 1{,}5\,\frac{2\,(l-4h-2)}{S\,(l-2h-1)};$$

$$M_3 = 1{,}5\,\frac{(S-2)\cdot(l-4h-2)}{S\,(l-2h-1)},$$

где h — высота сенажа в траншее, м; l — длина траншеи, м; S — ширина траншеи, м.

Массу силоса, отбираемого от каждой точечной пробы (M_1, M_2, M_3), вычисляют по формулам:

$$M_1 = 2\,\frac{2h+1}{l-2h-1};\quad M_2 = 2\,\frac{2\,(l-4h-2)}{S\,(l-2h-1)};$$

$$M_3 = 2\,\frac{(S-2)\cdot(l-4h-2)}{S\,(l-2h-1)}.$$

Объединенную пробу сенажа и силоса перемешивают, определяют цвет, наличие плесени и запах. Результаты записывают в паспорт.

В пробу силоса, помещенную в пакет из плотной полимерной пленки или стеклянную банку с герметически закрывающейся крышкой, добавляют 5 мл смеси хлороформа с толуолом в соотношении 1 : 1. Консервант вносят на дно, середину и верх пробы. Пакет с пробой завязывают, предварительно вытеснив воздух (банки должны быть полностью заполнены пробой корма).

Проба сенажа должна поступить на исследование в течение 24 ч с момента отбора. До анализа пробы силоса и сенажа хранят в холодильнике (допускается хранение проб в замороженном виде в течение 24 ч с момента их поступления в лабораторию).

Взятие средней пробы зеленого корма. При отборе средней пробы зеленого корма для химического и ботанического анализа учитывают характер травостоя и рельеф изучаемого участка. Если травостой неоднороден, рекомендуется разделить все угодья на однотипные участки. Пробы зеленого корма отбирают перед скармливанием его животным или при заготовке сена, травяной резки, сенажа. Пробы травы берут в сухую погоду, после росы и захода солнца. На каждом однотипном участке выделяют 1 гектар земли, на котором намечают 10 пробных делянок размером 1 м^2. С каждой пробной делянки траву скашивают на высоте 3—5 см от земли. Разовые пробы из прокосов каждой делянки берут рукой из 10 мест.

Общую пробу составляют из травы, взятой со всех пробных делянок. Если ее количество превышает 3—4 кг, из всего исходного образца после тщательного перемешивания берут среднюю пробу тем же способом, как указано для отбора средней пробы сена. Среднюю пробу зеленого корма тут же взвешивают и помещают в полиэтиленовые пакеты. Масса средней пробы должна быть 1,5—2 кг. Поступившую в лабораторию пробу быстро измельчают и по принципу квартования отбирают для высушивания 0,5—0,8 кг.

Для подавления ферментативных процессов в клетках растений траву не позднее 4 ч после отбора средней пробы помещают в сушильный шкаф и при температуре 80° С просушивают 30—40 мин. Затем сушку продолжают при 60—65° С, пока разница между параллельными взвешиваниями будет не более 0,5 г.

Взятие средней пробы корнеклубнеплодов. I. Свекла, морковь, брюква (ГОСТ 1722—67, ГОСТ 1721—67). Химический

состав и качество корнеплодов зависят от величины корней. Поэтому в среднюю пробу для анализа должны войти пропорционально крупные, средние и мелкие корни.

Согласно ГОСТ, от каждой партии корнеплодов вначале отбирают исходный образец. Если в партии менее 100 мест (контейнеры, ящики и др.), пробы берут из трех мест упаковки; если более 100 мест, на каждые 50 мест дополнительно берут по одной единице упаковки, из которых должна быть взята средняя проба.

Если свекла хранится насыпью, рекомендуется для пробы брать корни с различных слоев (верхнего, среднего, нижнего) примерно в следующих пропорциях.

Масса корнеплодов, кг	*Масса образца, кг*
До 200	10
201—500	20
501—1000	30
1001—5000	60

Средний образец должен иметь массу не менее 10% от массы исходного образца.

В совхозах и колхозах среднюю пробу корнеплодов берут чаще всего из вскрытых буртов. Для определения химического состава клубней различной величины из разных мест исследуемой партии подряд берут примерно 100—150 корней, очищают от земли и сортируют на крупные, средние и мелкие. Каждую группу корней взвешивают и рассчитывают их процентное соотношение.

Исходный образец необходимо уменьшить в 10—12 раз, но так, чтобы соотношение крупных, средних и мелких корней в средней пробе оставалось прежним. В лабораторию необходимо отослать 6—8 кг. Во избежание потери влаги во время пересылки корнеклубнеплодов при упаковке в ящик их обкладывают влажным мхом или опилками.

II. Картофель (ГОСТ 7194—69). При взятии средней пробы картофеля исходят из того, что количество выемок зависит от общего его количества. Так, если картофель одной партии поступает без тары (навалом) на разных видах транспорта (автомашины, повозки, вагоны, баржи), среднюю пробу берут от каждой транспортной единицы. Отдельные выемки берут по всей высоте, ширине и длине насыпи из разных мест и слоев (верхнего, среднего, нижнего) через равные промежутки (табл. 40).

40. Число выемок картофеля из разных видов транспорта

Вид транспорта	Число выемок (не менее)
Воз, автомашина, транспортная тележка (до 5 т)	5
Двухосный вагон и партии до 20 т	10
Четырехосный вагон и партии 20—60 т	16
Баржа и партии 60—150 т	24

От баржи и партии свыше 150 т на каждые (полные и неполные) следующие 50 т берут дополнительно пять выемок.

Выемки затаренного картофеля берут деревянным совком или отсыпают из верхней, средней и нижней частей упаковок, выделенных для отбора проб.

Если картофель хранят навалом, а также в закромах, буртах, траншеях, отдельные выемки берут деревянными или роликовыми лопатами.

Отдельные выемки должны быть не менее 3 кг, для партий картофеля от 60 т и выше — не менее 10 кг.

Отдельные выемки картофеля, взятые из разных мест партии, смешивают и получают среднюю пробу. Если средняя проба получилась слишком велика, то после тщательного перемешивания берут для лабораторного анализа пробу весом обычно около 4—5 кг.

Взятие средних проб комбикормов (ГОСТ 134960—70). Выемки рассыпного комбикорма. В зависимости от места хранения комбикорма взятие средней пробы имеет некоторые особенности. Если комбикорм хранят на складах, то выемки (разовые пробы) берут вагонным или амбарным щупом. Всю поверхность комбикорма делят на квадраты площадью 4—5 м^2 каждый. Выемки отбирают посередине каждого квадрата (при высоте насыпи до 0,75 м из верхнего и нижнего слоев, свыше 0,75 м из верхнего, среднего и нижнего).

Выемки из грузовых автомашин, возов и небольших насыпей в складах отбирают щупом с укороченной ручкой из пяти различных мест (в 0,5 м от края по всей глубине насыпи по схеме конверта).

Если комбикорм находится в закрытых мешках, выемки отбирают мешочным щупом из верхней и нижней части. Щуп вводят желобком вниз, затем поворачивают на 180° и выводят наружу (отверстие в ткани мешка заделывают при помощи щупа).

Количество мешков, из которых берут выемки, должно составлять 5% от мешков всей партии. Разовые пробы следует брать в мешках не менее чем из трех мест.

Если отбирают среднюю пробу комбикорма при загрузке его в вагоны, на пароходы, баржи и др. или выгрузке его, выемки берут из падающей струи с транспортных лент или в других местах путем пересечения струи комбикорма железным ковшом емкостью 0,5 кг через каждые 15 мин (не менее двух выемок за погрузку). На комбикормовых заводах выемки отбирают из-под смесителя после магнитной защиты путем персечения струи комбикорма железным ковшом через каждые 2 ч.

Вышеописанными способами отбирают также среднюю пробу травяной муки, отрубей и кормовой муки.

Взятие проб гранулированного и брикетированного комбикорма. При производстве гранулированных комбикормов или при их погрузке или выгрузке выемки отбирают путем пересечения струи комбикорма железным ковшом емкостью 0,5 кг через каждые 2 ч.

При производстве брикетированного комбикорма выемки в виде отдельных брикетов берут при выходе из мундштука пресса через каждые 2 ч.

Если гранулированные или брикетированные комбикорма затарены в мешки или кули, то число последних, из которых берут выемки, должно составлять 5% от партий, расположенных не менее чем в трех местах. Мешки расшивают и берут разовую пробу из верхней

части. Общий вес выемок исходного образца — рассыпного, гранулированного и брикетированного комбикорма должен быть не менее 4 кг.

Для составления средней пробы брикетированного комбикорма из исходного образца выделяют 6 брикетов, остальные размельчают и из полученной массы выделяют среднюю пробу по способу квартования. Один-два брикета из 6 выделенных используют для определения их плотности, остальные помещают в чистую тару и хранят в течение месяца на случай арбитража.

В среднюю пробу вкладывают этикетку с указанием наименования комбикорма, рецепта, веса партии, а для затаренного комбикорма количество мест, даты и места отбора пробы, наименования предприятия и номера транспортного документа.

Взятие средней пробы зерна (ГОСТ 10839—64). При хранении зерна в складах насыпью высотой до 1,5 м выемки зерна берут вагонным щупом, при большей высоте — щупом с навинчивающимися штангами. Перед взятием выемок поверхность зерна на складе разделяют на секции площадью приблизительно 100 м² каждая. Выемки зерна берут в пяти точках каждой секции: в середине и четырех точках по углам (на 1 м от границы следующей секции). В каждой из пяти точек выемки отбирают из верхнего (в 10—15 см от поверхности), среднего и нижнего слоев. Общая масса зерна с каждой секции должна составлять 2 кг.

Из автомашин выемки зерна отбирают щупом в четырех точках кузова с поверхности, нижних слоев или по всей глубине насыпи на расстоянии 0,5 м от бортов. Общая масса выемок не менее 1 кг.

При взятии пробы зерна на анализ при загрузке вагонов до полной грузоподъемности из складов и силосов элеваторов выемки отбирают из падающей струи зерна с транспортных лент. Выемки от падающей струи зерна отбирают механическим пробоотборником или специальным ковшом путем пересечения струи зерна через равные промежутки времени, при этом исходят из расчета, чтобы общая масса отобранных выемок составляла не менее 0,1 кг на 1 т перемещаемого зерна.

При неполной загрузке двухосных вагонов выемки отбирают щупом в пяти точках поверхности насыпи зерна (в четырех углах на расстоянии 50—75 см от стенок и посередине вагона). В четырехосных вагонах выемки зерна отбирают в одиннадцати точках поверхности насыпи (в 8 точках по продольным сторонам и в 3 точках в середине).

В каждой из указанных точек выемки отбирают из трех слоев насыпи: из верхнего (до 10 см), среднего (в середине) и нижнего (у пола). Общая масса выемок зерна из двухосного вагона около 2 кг, четырехосного 4,5 кг.

Если зерно затарено в мешках, то выемки отбирают щупом (из них) в трех местах: вверху, в середине и внизу. Из защитных мешков выемки отбирают зерновым мешочным щупом, который вводят с одного угла мешка по направлению к середине снизу вверх желобком вниз, затем поворачивают на 180° и вынимают.

Отобранные от каждой партии зерна выемки осматривают и сравнивают. Если зерно однородно, все выемки ссыпают в чистую тару. Это будет исходный образец (в некоторых стандартах применяют термин «общая проба»). Если исходный образец имеет массу менее 2 кг, он может быть средней пробой зерна, а если более

2 кг, все зерно высыпают на стол с ровной поверхностью и методом квартования определяют среднюю пробу.

При поступлении большого количества зерна от колхозов и совхозов на хлебоприемные пункты его качество оценивают по среднесуточным образцам. Последние составляют из исходных образцов, взятых из каждой автомашины путем выделения выемок объемом 200 см³ или выделения образца пропорционально массе доставленного зерна.

от образца партии зерна до 1,5 т — одна мерка

от образца партии зерна 1,5—3 т — две мерки и далее от каждых 1,5 т зерна дополнительно отбирают по одной мерке. Из среднесуточного образца выделяют среднюю пробу зерна вышеописанным способом.

Взятие средней пробы кукурузы в початках. Из автомашин отбирают выемки кукурузы в початках в двух точках по продольной осевой линии, отступя на 0,5—0,7 м от переднего и заднего бортов кузова. Вначале удаляют верхние початки в точках взятия выемок и на глубине 10 см берут по 5 лежащих рядом початков. При погрузке или выгрузке початков в вагоны берут 20 выемок из каждого вагона, по 5 лежащих рядом початков. Выемки берут через равные промежутки времени. Всего из одного вагона отбирают 100 початков.

При взятии выемок из складов, навесов, сапеток, бунтов всю поверхность насыпи кукурузных початков делят на секции площадью примерно 100 м² каждая. В каждой секции выемки отбирают в трех местах (в складах и навесах — по диагонали, в сапетках и бунтах — по центру). Берут подряд 16—17 лежащих рядом початков на глубине 10 см и 1 м в каждой точке выемки. Всего в каждой секции площадью 100 м² должно быть отобрано 100 початков. Места выемок кукурузных початков должны отстоять от стен в складах и навесах на расстоянии 3 м, в сапетках на 75 см. Отобранные выемки объединяют и составляют исходный образец, который одновременно является средним образцом.

При приемке от колхозов и совхозов однородных по качеству партий кукурузы в початках составляют среднесуточный образец. От каждой автомашины отбирают по правилам, описанным выше, по 10 початков и помещают в плотно закрывающуюся тару (деревянные ящики, металлические бочки, крафт-мешки и т. д.). Далее из тары (по мере ее заполнения), в которой хранится исходный образец, отбирают каждый 10-й початок, входящий в среднесуточный образец. Среднюю пробу отбирают из тары, где хранится среднесуточный образец, путем последовательного изъятия одного початка через определенное их количество. В результате должна получиться средняя проба из 10 початков.

Взятие средней пробы жмыхов, шротов и кормовых дрожжей (ГОСТ 139790—68 и ГОСТ 20083—74). Жмыхи. Отбор выемок при погрузке и выгрузке жмыха из вагонов производят автоматическим пробоотборником из расчета 250 г на 1 т продукции (не менее 2,5 кг от партии). Выемки берут при погрузке или выгрузке через равные промежутки времени не менее 10 раз путем пересечения ковшом потока жмыха в местах его свободного падения. Если жмыхи затарены в мешки, выемки берут щупом из каждого пятого мешка в количестве 0,5 кг (из первого мешка сверху, из второго из середины, из третьего снизу).

При хранении жмыха в хранилищах насыпью для составления

исходного образца всю поверхность насыпи условно делят на секции площадью 1 м², отбирают выемки в шахматном порядке с каждого квадратного метра из верхнего, среднего и нижних слоев. Общий вес выемок при ручном отборе на каждые 16 т должен составлять не менее 16 кг.

После осмотра все выемки жмыха тщательно перемешивают и получают исходный образец. Среднюю пробу массой 2,5 кг, полученную методом квартования, делят на две части и помещают в банки с плотными крышками.

Шроты. Среднюю пробу шротов отбирают так же, как и жмыхов, за исключением того, что из мешков берут из каждого десятого, а при хранении шротов насыпью выемки отбирают конусным щупом через каждые 2 м из верхних, нижних и средних слоев. Общий вес выемок не менее 2,5 кг.

Кормовые дрожжи. Для проверки качества порошкообразных кормовых дрожжей от партии размером до 100 единиц упаковки берут разовые пробы из 3% упаковок, расположенных в разных местах. Если в партии более 100 единиц упаковки, пробы отбирают из мест, составляющих 1% общего количества упаковок (не менее трех единиц).

Разовые пробы отбирают деревянным или металлическим щупом, погружаемым на всю глубину тары. Объем разовой пробы не менее 350 г. Отобранные разовые пробы соединяют вместе, составляют общую пробу (исходный образец). Общую пробу тщательно перемешивают и сокращают до 2 кг (как описано при отборе средней пробы зерна и комбикорма). Оставшуюся часть делят пополам и помещают в две чистые сухие банки с притертыми крышками. Из одной банки берут навески кормовых дрожжей для проведения анализов, другую хранят в течение 2 мес на случай повторных анализов.

От партии гранулированных дрожжей исходный образец массой не менее 4 кг отбирают от каждой единицы упаковки, или транспортных средств, или насыпи. Отбор проб проводят из пяти разных мест насыпи по схеме конверта на всю глубину насыпи, отступая 0,5 м от краев.

Перед анализом дрожжи в гранулах измельчают в ступке, затем на лабораторной мельнице до порошкообразного состояния и просеивают через сито с диаметром ячеек 0,25 мм.

Взятие средней пробы кормов животного происхождения, подкормок и жидких кормов. Мука животного происхождения (ГОСТ 17681—72). При бестарном хранении общую пробу муки животного происхождения берут с транспортера через равные промежутки времени из расчета 250 г от 1 т муки (не менее 1,5 кг от партии).

При хранении муки в таре общую пробу отбирают щупом по диагонали от числа мест, составляющих 10% от их общего количества (для рыбной муки 5%), расположенных в трех местах. Если корм по качеству неоднороден, рекомендуется отобрать для вскрытия большее число партий. Общая проба должна иметь массу не менее 1,5 кг.

Для зоотехнического анализа достаточно 100—150 г муки, которую отбирают от общей пробы путем деления квадрата по диагонали. Корм измельчают, просеивают через сито с диаметром отверстий 0,5 мм и помещают в банки с притертой крышкой.

Жир рыб и морских животных (ГОСТ 7631—55). Разовые пробы жира рыб и морских животных берут после перемешивания сифоном или стеклянной трубкой. Масса разовых проб должна быть 1 кг.

Если пробы отбирают из железнодорожной цистерны, то на трубе насоса устанавливают пробоотборочный кран (диаметром 12,5 мм), при помощи которого часть струи жира отводят в сухую приемную емкость. Пробы отбирают в течение всего времени разгрузки цистерны. Общую пробу перемешивают и отливают около 250 г в чистую банку с притертой пробкой.

Молоко. Перед взятием пробы молоко тщательно перемешивают. Пробы отбирают металлической трубкой диаметром 9 мм, погружаемой вертикально до дна сосуда с молоком. Верхнее отверстие закрывают пальцем, затем трубку вынимают из сосуда и выливают молоко в чистую сухую склянку и плотно закрывают пробкой. Для анализа необходима средняя проба молока массой 250—500 мл. Содержание сухого вещества, белка, жира, золы, кальция, фосфора, витамина А и каротина определяют в двухсуточной пробе молока, а кислотность, сыропригодность, содержание витамина С — в пробе из одной утренней дойки. Двухсуточные пробы молока рекомендуется консервировать 40%-ным раствором формалина из расчета 1—2 капли на 100 мл молока. Молоко можно консервировать 10%-ным двухромовокислым калием из расчета 1 мл на 100 мл молока (если не определяют золу и минеральные вещества).

Определение сахара, альбумина, казеина, глобулина, а также плотность, количество и величину жировых шариков проводят из суточной пробы молока (без консервантов), хранящейся на холоде.

Кратность исследования зависит от задач, поставленных перед исследованием. Например, в опытах по изучению эффективности скармливания определенных кормов молоко исследуют не менее двух раз в предварительный и заключительный периоды и 3—4 раза в опытный период. Содержание жира в молоке определяют один раз в 10 дней из двухсуточных проб молока. Пробы молока берут от каждой коровы, а также от группы коров и от всего стада.

Подкормки. Для проверки качества кормового монокальцийфосфата разовые пробы отбирают из расчета 25 проб от каждой партии (не более 65 т). Если минеральная подкормка упакована в мешки, разовые пробы берут пробоотборником из 25 мешков каждой партии. Разовые пробы из мешков отбирают щупом, погружая его на $^3/_4$ глубины. Масса разовой пробы, взятой с транспортера и из мешков, должна составлять 200 г. Разовые пробы соединяют вместе, перемешивают и методом квартования получают из них среднюю пробу массой не менее 0,5 кг.

Для карбамида разовые пробы берут из мешков, составляющих не менее 1% от их общего количества в партии (не менее 10); для обесфторенного кормового фосфата — из каждого 20-го мешка; для других кормовых фосфатов — из каждого 50-го.

Среднюю пробу помещают в полиэтиленовый мешок или в чистую банку. На банку наклеивают этикетку с указанием наименования продукта, сорта или марки, номера партии, стандарта или технических условий, предприятия-изготовителя, даты отбора проб и фамилии лица, взявшего пробу.

Жидкие и водянистые корма (барда, пивная дробина, мезга, жом свежий, патока кормовая). Для проверки качества жидких кормов от партии отбирают пробу при помощи черпака или с помощью специального пробоотборника водянистых кормов ПВК-1 конструкции НПО Агроприбор из 10 мест на разной глубине. Ото-

бранные пробы смешивают и из исходной пробы массой не менее 10 кг отбирают среднюю. Величина средней пробы должна быть такой, чтобы сухого вещества получилось около 150 г. Если не имеется возможности быстро провести анализ, корм помещают в стеклянную посуду с плотной пробкой и консервируют смесью хлороформа и толуола, или смесью толуола и ксилола (1:1), или одним формалином в количестве 5 мл на 1 кг корма, тщательно перемешивая консервант с кормом. При определении сахара применять формалин нельзя.

ПОДГОТОВКА КОРМА К АНАЛИЗУ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ВОДЫ

Содержание воды — важный показатель питательности кормов и степени зрелости растений. В кормах вода находится в свободной и связанной форме. Свободная вода является растворителем сахаров, аминокислот, органических кислот и других веществ растительных клеток. Она более подвижна, чем связанная. Последняя не растворяет веществ, растворимых в свободной воде, и входит в состав мицелия различных гидрофильных коллоидов. Вся вода (связанная и свободная) может быть удалена путем высушивания кормов при 100—105° С. Определение первоначальной влажности основано на испарении воды при высушивании корма в сушильных шкафах или термостатах при определенной температуре.

Приборы, реактивы, посуда. Фарфоровые чашки диаметром 20—30 см или эмалированные кюветы; технические весы с разновесами; сушильный шкаф или термостат; нож для измельчения сена, силоса и других кормов.

Подготовка корма к анализу. Из проб кормов, поступивших в лабораторию для анализа, следует немедленно взять лабораторную пробу и определить в ней первоначальную влагу. Если в лабораторию поступило 1,5—2 кг корма, его измельчают (длина частиц 1—2 см). Силос также предварительно измельчают и берут для высушивания 800—1000 г.

Из поступивших в лабораторию средних проб зерновых, шротов, отходов мукомольной промышленности и других концентрированных кормов отбирают 150—200 г.

Перед взятием пробы для высушивания средние пробы кормов (измельченное сено, а также зерно, мучнистые корма и др.) методом квартования доводят до массы 150—200 г. Жмыхи перед определением первоначальной влажности раздробляют, корнеклубнеплоды отмывают водой от земли и вытирают сухим полотенцем. От каждого корня средней пробы отрезают вдоль половину, $^1/_4$ или $^1/_8$ часть, в зависимости от величины средней пробы, количество которой берется с таким расчетом, чтобы вес пробы для анализа составлял 1000—1200 г.

Приборы и посуда. Бюксы стеклянные с пришлифованной крышкой (ГОСТ 7148—70); ступка фарфоровая (ГОСТ 9147—73); шкаф сушильный лабораторный (ГОСТ 7365—55) или шкаф сушильный электрический с терморегулятором (СЭШ); весы аналитические марки АДВ-200; эксикатор (ГОСТ 6371—73); кальций хлористый (ГОСТ 4141—66).

Ход определения. Чашки или кюветы нумеруют, высушивают в течение 30 мин при 90—100° С, охлаждают и взвешивают, вес записывают. В чашку помещают анализируемый корм в указанном количестве и взвешивают на тех же весах. Затем чашки с кормами помещают в сушильный шкаф и высушивают при температуре 60—65° С до тех пор, пока разница между двумя последующими взвешиваниями не будет превышать 0,5 г.

Определение первоначальной влаги в корнеклубнеплодах имеет некоторые особенности. Отобранные куски режут поперек на тонкие пластинки, которые нанизывают на стеклянные палочки, предварительно взвешенные, или на нитку и взвешивают. Навеску помещают в сушильный шкаф при температуре 90° С на 30 мин — 1 ч, чтобы прекратить ферментативные процессы. Далее высушивают при температуре 60—65° С и поступают так же, как и при определении влаги в других кормах.

Не рекомендуется одновременно ставить в сушильный шкаф корма, резко отличающиеся по содержанию влаги (сочные, сено, концентраты).

После высушивания корм оставляют в чашке, прикрытой листом бумаги, на 4—6 ч для приведения в воздушно-сухое состояние и взвешивают. Это необходимо для того, чтобы при хранении образца не происходило в дальнейшем изменений влажности кормов, и следовательно, и больших погрешностей при взятии навесок для анализа.

Процент первоначальной влажности определяют так: находят разность между весом чашки с веществом в первоначальном состоянии (до высушивания) и весом чашки с веществом в воздушно-сухом состоянии. Полученную разность умножают на 100 и делят на навеску первоначального вещества.

Измельчение кормов. Полученную воздушно-сухую пробу корма перемалывают в мелкую муку. Помол проводят в специальных лабораторных мельницах (можно с помощью кофейной мельницы, а также растиранием в ступке). Размолотую пробу просеивают через миллиметровое сито. За неимением набора лабораторных сит можно использовать хозяйственное решето.

Частицы, оставшиеся на сите, снова размалывают и просеивают. Так поступают до тех пор, пока остаток не будет превышать 2% веса всего размалываемого образца. После этого остаток примешивают ко всему образцу.

Измельченный образец хранят в банке с плотно закрывающейся пробкой. Банку заполняют не более чем наполовину, чтобы иметь возможность хорошо перемешивать образец при взятии навесок. Корму присваивают порядковый номер, который записывают на банке, в регистрационном журнале и в последующих записях при проведении химических анализов.

Экспресс-метод определения общего количества воды в кормах (высушивание корма при 130° С)

Общее количество воды в кормах можно определить ускоренным методом, что имеет большое значение в условиях производства. Для этого измельченную навеску корма, отобранную из разных мест средней пробы, в бюксе или металлической чашечке, высушивают в сушильном шкафу при 130° С.

Ход определения. В предварительно высушенные до постоянного веса бюксы помещают две навески корма около 5 г каждая, взвешенные с точностью до 0,01 г. Корм рассыпают тонким сло-

ем по дну бюксы (бюксы стеклянные или алюминиевые диаметром 50 мм и высотой 20 мм).

Открытые бюксы и крышки от них помещают в электросушильный шкаф, предварительно подогретый до 130±2° С. Высушивание продолжают в течение 40 мин. Для кормов с большим содержанием воды время нужно увеличивать.

По истечении 40 мин бюксы вынимают из сушильного шкафа тигельными щипцами, быстро закрывают крышкой и ставят в эксикатор на 20—30 мин, охлаждая до комнатной температуры.

После высушивания и охлаждения бюксы с навеской снова взвешивают и по разности веса до и после высушивания определяют содержание влаги.

Расчет производят по формуле:

$$x = \frac{м - м_1}{а} \cdot 100,$$

где x — общее количество воды в корме, %; $а$ — навеска корма, г; $м$ — масса корма до высушивания; $м_1$ — масса корма после высушивания.

Экспресс-метод определения общего количества воды с помощью влагомера

Для быстрого определения влажности корма используют влагомер ВЧМ, имеющий блок высушивания в виде металлических плит и блок управления, осуществляющий автоматическое регулирование температуры плит. Рабочая температура прибора 160° С.

Принцип действия прибора заключается в быстром обезвоживании образцов корма между двумя металлическими плитами, нагретыми до 160° С.

Ход определения. Обезвоживание кормов проводят в пакетах из фильтровальной бумаги. Подготовленные пакеты закладывают между электронагревательными плитами и выдерживают при температуре 160±2° С в течение трех минут. Затем пакеты помещают на 3 мин в эксикатор для охлаждения и взвешивания.

В подготовленные пакеты помещают две навески корма по 5 г каждая, взвешенные с точностью до 0,01 г. Корм в пакете распределяют тонким слоем, обеспечивающим правильное обезвоживание, и помещают на 5 мин в предварительно нагретый до 160±2° С прибор.

Затем пакеты вынимают из прибора, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на технических весах (весы технические I, II класса, типа Т-1, Т-2).

Расчет. Содержание общего количества воды в корме вычисляют по формуле:

$$x = \frac{(м_1 - м_2) \cdot 100}{м_1 - м},$$

где x — общее количество воды, %; $м$ — масса пустого фильтра, г; $м_1$ — масса фильтра с навеской корма до высушивания; $м_2$ — масса фильтра с навеской корма после высушивания.

Допускаемое расхождение при параллельных определениях 0,2 %.

Определение гигроскопической воды

Исследуемый корм, приведенный в воздушно-сухое состояние, содержит некоторое количество воды, называемой гигроскопической влагой. Определяют ее, высушивая навеску корма в термостате при температуре 100—105° С до постоянного веса.

При высушивании происходят в основном следующие процессы: удаляются гигроскопическая вода, летучие вещества эфирных масел, углекислота, летучие кислоты, аммиак и др., вследствие окисления поглощается кислород.

Потеря летучих веществ, поглощение кислорода и другие процессы могут быть причиной неточностей получающихся данных. Более точные результаты можно получить, высушивая исследуемый корм в струе индифферентного газа или в вакуум-аппарате.

Приборы и посуда. Аналитические весы с разновесами; термостат или сушильный шкаф; бюксы — сушильные стаканчики с притертыми крышками (они должны быть пронумерованы); ложка для взятия кормов; эксикатор.

Ход определения. Бюксы высушивают в термостате в течение 30—40 мин при температуре 100—105° С. При этом крышку кладут на ребро в стаканчик. Затем бюксы закрывают и ставят для охлаждения в эксикатор. После охлаждения бюкс взвешивают на аналитических весах, насыпают 2—3 г воздушно-сухого корма, закрывают крышкой и взвешивают. По разнице в массе определяют навеску, взятую для анализа.

Бюксы с навеской (крышки положить на ребро) помещают в термостат на 2,5—3 ч при температуре 100—105° С. Затем их закрывают крышкой, вынимают и ставят в эксикатор, охлаждают, взвешивают и снова помещают на 1 ч в термостат, после охлаждения опять взвешивают. Так поступают до тех пор, пока разность двух следующих друг за другом высушиваний не будет превышать 1 мг.

Иногда при последующих взвешиваниях отмечается увеличение веса. В этом случае высушивание прекращают и для расчетов берут наименьший вес. Количество испарившейся воды находят по разнице между массой бюкса с кормом до высушивания и наименьшей массой после высушивания.

Процент гигроскопической воды (x, %) находят по формуле:

$$x, \% = \frac{м \cdot 100}{м_1},$$

где $м$ — масса испарившейся воды из навески, г; $м_1$ — масса корма в воздушно-сухом состоянии, г; 100 — коэффициент для пересчета в проценты.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЫРОГО ПРОТЕИНА В КОРМАХ

Определение азота по Кьельдалю

Содержание сырого протеина в кормах с учетом его аминокислотного состава — очень важный показатель оценки питательной ценности кормов.

Сырой протеин состоит из белковых и небелковых азотистых соединений. Небелковые объединены под названием амидов. К ним

относятся нитраты, аммиачные соли, свободные аминокислоты и их соли, амиды аминокислот, содержащие азот, глюкозиды, органические основания.

Приборы, реактивы, оборудование. Колбы Кьельдаля на 250 и 500—700 мл; колбы конические или обычные; установки в шкафу для сжигания по Кьельдалю; прибор для отгона азота по Кьельдалю; колбонагреватели или другой источник нагрева; каплеуловители; конические колбы на 300—400 мл; бюретки на 50—25 мл; цилиндры на 25 и 100 мл; склянки для концентрированных кислоты и щелочи; концентрированная серная кислота (удельный вес 1,84—1,82); катализаторы (сернокислая медь и сернокислый калий или смесь этих солей с селеном); едкая щелочь (допускается техническая) 33—40%; пемза порошкообразная или гранулированная (стеклянные или фарфоровые трубочки); лакмусовая бумага (красная); дистиллированная вода; 2%-ный раствор борной кислоты; 0,1 н. раствор соляной кислоты; смешанный индикатор (индикатор Ташира).

Принцип метода. Определение сырого протеина основано на определении азота как характерного элемента для белка. Для получения азота органическое вещество сжигается при воздействии концентрированной серной кислоты (удельный вес 1,84). Серная кислота при подогревании разрушает углеводы и жиры до углекислого газа и воды, которые улетучиваются, а белки распадаются до аммиака, образующего с серной кислотой нелетучую соль (сернокислый аммоний) по следующему уравнению:

$$2NH_3 + 2H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4.$$

Затем на соль сернокислого аммония действуют 33%-ной щелочью (NaOH), при этом снова выделяется аммиак по уравнению:

$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2NH_4OH.$$

Выделяющийся аммиак поглощается 0,1 н. H_2SO_4. Избыток серной кислоты титруют 0,1 н. NaOH. По количеству связанной серной кислоты определяют количество азота, бывшего в корме, зная, что 1 мл 0,1 н. H_2SO_4 соответствует 0,0014 г азота. 1 г азота в среднем образует 6,25 г белка или сырого протеина. На основании этих данных находим процентное содержание сырого протеина в корме.

Вместо 0,1 н. H_2SO_4 используют также 2%-ный раствор борной кислоты (в приемник набирают 20—25 мл). После отгона аммиака содержимое приемной колбы титруют 0,1 н. соляной кислотой в присутствии 6—8 капель смешанного индикатора. Соляная кислота вытесняет борную кислоту из солей и соединяется с ионами аммония, образуя хлористый аммоний. Конец реакции характеризуется резким сдвигом pH в кислую сторону (5,5).

Протеин, определяемый по методу Кьельдаля, называется сырым потому, что определяется не только белковый азот, но и азот аминокислот и их амидов, азот солей азотной и азотистой кислот.

Ход определения. Озоление органического вещества. Насыпав в цилиндр 0,3—0,5 г исследуемого корма, взвешивают его и записывают вес. Содержимое цилиндрика аккуратно высыпают в колбу Кьельдаля, опустив его глубоко в горло колбы. По разности веса цилиндрика с кормом и пустого цилиндрика определяют навеску корма.

В колбу Кьельдаля осторожно наливают 10—15 мл концентрированной серной кислоты, аккуратно перемешивают содержимое

(при этом происходит обугливание вещества), добавляют катализаторы: 0,5—1 г $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ и 3—5 г K_2SO_4 или специальную смесь из этих солей с селеном (0,2—0,5 г).

Сжигание органического вещества проводится до получения светлого раствора (во избежание потерь азота сжигают на слабом огне). Во время сжигания следует часто помешивать содержимое колбы, чтобы на ее стенках не оставалось несгоревших частиц.

После просветления жидкости колбу охлаждают, а затем осторожно приливают 100—150 мл дистиллированной воды. Жидкость становится зеленовато-голубоватой (медный купорос поглощает воду и восстанавливает голубой цвет).

Полученный раствор целиком переносят в другую колбу Кьельдаля емкостью 500—700 мл. Ее несколько раз смывают водой, сливая воду в большую колбу Кьельдаля.

Колбу с раствором ставят на колбонагреватель отгоночного аппарата Кьельдаля, предварительно подобрав хорошую пробку.

Отгон аммиака в серную кислоту. В коническую колбу берут из бюретки 20—50 мл 0,1 н. H_2SO_4 и 1—3 капли индикатора конгорот. Колбу затем ставят в аппарат Кьельдаля, опустив стеклянную трубку в H_2SO_4. Отмеривают осторожно 60—70 мл 33%-ного NaOH в цилиндр, а затем аккуратно переносят в колбу Кьельдаля.

На кончике ложки добавляют в колбу кусочки пемзы, фарфора или фарфоровые трубочки (это необходимо для спокойного равномерного кипения). Плотно закрывают колбу пробкой с каплеуловителем и равномерно размешивают ее содержимое.

Включают колбонагреватель и отгоняют аммиак с водяным паром (выделяющийся аммиак поглощается 0,1 н. серной кислотой). Конец отгона аммиака определяют по красной лакмусовой бумажке, подставленной под стекающую каплю отгона. Если лакмус не синеет, отгон аммиака окончен. Отгон при хорошем кипении длится около часа.

По окончании перегона трубочки промывают дважды дистиллированной водой, сливая ее в приемную колбу. Затем оттитровывают содержимое колбы (избыток взятой 0,1 н. H_2SO_4) 0,1 н. NaOH.

Процент азота вычисляют по формуле:

$$x = \frac{a \cdot 100}{b},$$

где x — искомый процент азота; a — количество азота в навеске, г; b — навеска вещества, г.

Для вычисления процента сырого протеина полученный процент азота умножают на 6,25.

Отгон аммиака в борную кислоту. Макрометод. Вместо раствора 0,1 н. H_2SO_4 можно пользоваться 2%-ным раствором борной кислоты (в приемник набирают 20—25 мл). После отгона аммиака содержимое приемной колбы титруют 0,1 н. HCl в присутствии 6—8 капель смешанного индикатора (0,02 г метилового красного растворяют в 60 мл этилового спирта, затем добавляют 40 мл воды). После этого 0,1 г метилового синего растворяют в 100 мл воды. Перед работой смешивают 25 мл метилового красного и 3 мл метилового синего. Изумрудно-зеленый цвет содержимого колбы при титровании соляной кислотой в присутствии смешанного индикатора переходит в красно-фиолетовый при pH 5,5; 1 мл 0,1 н. раствора HCl, пошедшей на титрование, соответствует 0,0014 г азота.

Полумикрометод. Проводят озоление корма в колбе Кьельдаля, применяя серную кислоту и какой-либо катализатор до просветления жидкости. После охлаждения содержимое колбы разводят 10—15 мл дистиллированной воды и переносят в мерную колбу на 100 мл.

Объем содержимого в мерной колбе доводят почти до 100 мл и перемешивают. После остывания раствора объем его доводят до метки.

Отгоняют аммиак с водяными парами в аппарате Парнаса или в аналогичном приборе, собранном в лаборатории.

Для этого переносят пипеткой 20 мл (эквивалентно примерно 100 мг корма) полученного раствора в отгоночную колбу, добавляют 15 мл 30%-ного раствора щелочи и пропускают сильную струю пара. Если отгонку проводят не в приборе Парнаса, перед пуском пара целесообразно содержимое отгоночной колбы нагреть до кипения газовой горелкой или спиртовкой.

Перед вливанием щелочи в колбу Кьельдаля под выводящую трубку холодильника отгоночного прибора ставят коническую колбу с 10 мл 2%-ного раствора борной кислоты, к которой добавляют 6—8 капель смешанного индикатора.

В зависимости от интенсивности струи пара отгонку следует вести 15—30 мин, чтобы собрать около 50 мл дистиллята. Окончание отгонки аммиака устанавливают нанесением капли дистиллята на лакмусовую бумагу. Отгон аммиака целесообразно проводить сразу в двух приборах, помещая в них параллельные пробы из одного сожженного образца.

После окончания отгона аммиака наконечник форштосса холодильника снаружи и внутри обмывают небольшим количеством дистиллированной воды и содержимое колбы приемника титруют из микробюретки (5 мл) 0,1 или 0,05 н. раствором HCl до перехода окраски из зеленой в красную.

Параллельно с определением азота в серии образцов проводят контрольную (холостую) пробу, выполнив все вышеуказанные операции, кроме помещения навески образца в колбу Кьельдаля. Количество кислоты, пошедшее на титрование дистиллята в холостой пробе, вычитают из результатов титрования анализируемых образцов.

По израсходованному на титрование объему кислоты вычисляют содержание азота в навеске (в граммах или процентах). 1 мл 0,1 н. HCl соответствует 0,0014 г азота.

Определение азота фотоколориметрическим методом с использованием реакции индолфенольной зелени (по методике ЦИНАО)

Определение азота в растворах после мокрого озоления кормов основано на образовании ионами аммония окрашенного индофенольного соединения, интенсивность которого регистрируется фотоколориметром. В начале реакции ион аммония окисляется хлором до хлорамина, образующего с салицилатом натрия индофенольное (альфа-нафталовое) соединение сине-зеленого цвета с максимумом светопоглощения около 655 нм. В качестве катализатора этой реакции используют нитропруссид натрия.

Реактивы, посуда, оборудование. Реактивы. 1. Хлористый химически чистый аммоний (ГОСТ 3773—72). 2. Запасной стандартный раствор аммония: 1,910 г хлористого аммония растворяют в дистиллированной воде и доводят объем раствора водой до 1 л. 1 мл раствора содержит 0,5 мг азота (для работы на автоанализаторе применяют более концентрированный эталонный раствор хлористого аммония, содержащий 2,5 мг/мл азота).

3. Рабочие стандартные растворы хлористого аммония для построения калибровочной шкалы на азот готовятся в мерных колбах емкостью 100 мл. В них отбирают определенные объемы запасного стандартного раствора (от 1 до 14 мл), с тем чтобы концентрация азота в 1 мл стандартного раствора колебалась от 0,01 до 0,14 мг.

Затем каждую колбу доливают до половины объема дистиллированной водой и прибавляют по 3 мл концентрированной серной кислоты, содержащей селен, и перемешивают.

4. Гидроокись натрия (ГОСТ 4328—77) х. ч.

5. Салицилово-кислый натрий (ГОСТ 17528—72) х. ч.

6. Нитропруссид натрия (ГОСТ 4218—48) х. ч., ч. д. а.

7. Винно-кислый калий-натрий (сегнетова соль) (ГОСТ 5845—70) х. ч. или ч. д. а.

8. Трилон Б (ГОСТ 10652—73) х. ч., ч. д. а.

9. Едкий натр (ГОСТ 4328—66) х. ч.

10. Запасной окрашивающий раствор: 56,7 г салицилата натрия, 16,7 г сегнетовой соли и 26,7 г гидроокиси натрия растворяют поочередно в 700 мл дистиллированной воды, кипятят около 20 мин до удаления следов аммиака. После охлаждения добавляют 0,4 г нитропруссида натрия и доводят объем до 1 л дистиллированной водой (реактив может храниться в холодильнике до 1 мес).

11. Рабочий окрашивающий раствор: к 50 мл запасного окрашивающего раствора приливают 410 мл дистиллированной воды и 10 мл 2 н. раствора NaOH (80 г/л), затем добавляют 0,94 г трилона Б. Раствор готовят в день проведения анализа.

12. Известь хлорная техническая (ГОСТ 1692—58).

13. Натрий углекислый безводный (ГОСТ 83—63) х. ч.

14. Соляная кислота (ГОСТ 3118—67) х. ч.

15. Иодистый калий (ГОСТ 4232—74).

16. Серноватистокислый натрий (тиосульфат) (фиксанал) (ГОСТ 4215—66).

17. Запасной раствор гипохлорита натрия: 150 г хлорной извести перемешивают в стакане вместимостью 500 мл с 250 мл дистиллированной воды. В другом стакане 105 г углекислого натрия растворяют в 250 мл дистиллированной воды. Оба раствора сливают вместе при постоянном перемешивании. Масса сначала густеет, затем разжижается. Суспензию оставляют на 1—2 суток для отстаивания, затем прозрачную жидкость сливают и фильтруют или отсасывают на воронке Бюхнера.

В полученном реактиве определяют концентрацию активного хлора. Для этого 1 мл прозрачного фильтрата разбавляют в конической колбе дистиллированной водой до 40—50 мл, прибавляют 2 г йодистого калия и 10 мл 1 н. раствора HCl. Образовавшийся йод оттитровывают 0,1 н. раствором тиосульфата натрия (гипосульфита), приготовленного из фиксанала, до исчезновения вишневой окраски (1 мл 0,1 н. раствора тиосульфата натрия соответствует 0,00355 г хлора).

Пример. На титрование 1 мл запасного раствора гипохлорита натрия пошло 22,2 мл 0,1 н. раствора тиосульфата натрия. Следовательно, в 1 мл запасного раствора содержится 0,0788 г хлора (0,00355 г×22,2 мл). Концентрация хлора в растворе гипохлорита составит 7,88% (7,88 г хлора в 100 мл раствора).

Запасной раствор гипохлорита натрия с концентрацией активного хлора 6—10% в склянке из темного стекла со шлифом сохраняется в холодильнике в течение года.

Рабочий раствор гипохлорита натрия используют для анализа в течение дня. Запасной раствор разбавляют дистиллированной водой до 0,125%-ной концентрации. Объем запасного раствора, необходимый для получения 100 мл рабочего раствора гипохлорита натрия, рассчитывают по формуле:

$$x = \frac{0,125 \cdot 100}{K},$$

где K — процентное содержание хлора в запасном растворе (в данном примере 7,88%); x — количество запасного раствора, которое надо внести в мерную колбу, мл.

В приводимом примере следует взять 1,58 мл запасного раствора:

$$x = \frac{0,125 \cdot 100}{7,88} = 1,58 \text{ мл}.$$

Следует учесть, что при определении азота на автоанализаторе проточного типа используют раствор гипохлорита натрия с концентрацией хлора 0,05%.

Посуда. Мерные колбы на 100 мл; стаканы химические вместимостью 100, 250 и 500 мл; шприц-дозатор или пипетка вместимостью 1,0 мл; шприц-дозатор вместимостью 5,0 мл или градуированные пипетки (погрешность дозирования не более 1%); дозатор вместимостью 100 или 94 мл или мерный цилиндр, погрешность дозирования не более 1%.

Оборудование. Фотоэлектроколориметр типа ФЭК-М или ФЭК-56; для автоматизированного метода применяют автоанализатор проточного типа (ПГВ «Мединген», ГДР, и др.).

Ход определения. В химические стаканы на 150 мл (цилиндры и мерные колбы на 100 мл) отбирают шприцем-дозатором или микропипеткой по 1,0 мл анализируемого раствора золы корма. В другие стаканы из образцовых растворов с известным содержанием азота также берут по 1,0 мл; отбирают по 1,0 мл раствора из контрольных колб (холостое определение без озоления корма).

В стаканы или мерные колбочки с испытуемыми и образцовыми и контрольными растворами приливают по 94 мл рабочего окрашивающего раствора. Содержимое перемешивают.

Прибавляют шприцем-дозатором по 5,0 мл 0,125%-ного рабочего раствора гипохлорита натрия, снова перемешивают и оставляют растворы на 60 мин при комнатной температуре до полного развития сине-зеленой окраски.

Измеряют оптическую плотность растворов на фотоколориметре при длине волны 655 нм, используя кювету с толщиной просвечивающего слоя 10 мм. Определяют содержание азота в анализируемом растворе по градуировочному графику, построенному по результатам фотометрирования образцовых растворов шкалы.

Рассчитывают содержание азота в воздушно-сухом веществе корма по формуле:

$$x = \frac{(a - K) \cdot v \cdot 100}{v_1 \cdot H},$$

где x — содержание азота в исследуемом корме, %; a — количество азота, найденного по градуировочному графику, в 1,0 мл взятого для анализа минерализата корма, мг; K — количество азота в том же объеме контрольного (холостого) раствора, найденное по градуировочному графику, мг; H — навеска корма, мг; v_1 — количество минерализата корма, взятое для колориметрического определения азота, мл; v — общий объем минерализата корма, мл; 100 — коэффициент пересчета в проценты.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЫРОГО ЖИРА В КОРМАХ

Наиболее удобным для одновременного анализа жира в нескольких образцах является метод его определения по количеству обезжиренного остатка (метод С. В. Рушковского).

Метод основан на извлечении жира при помощи органических растворителей: серного эфира (температура кипения 35°), петролейного эфира (30—80°), бензина (80—150°), бензола (80,3°), сероуглерода (46°), четыреххлористого углерода (76,5°), трихлорэтилена (88°) и некоторых других.

Органические растворители извлекают из корма не только нейтральные жиры, но и воскообразные вещества, фосфатиды, альдегиды, кетоны, сернистые соединения, органические кислоты, смолы, красящие вещества и т. д. Такой общий экстракт носит название сырого жира.

В состав природных жиров входят незаменимые ненасыщенные жирные кислоты (линоленовая, линолевая, арахидоновая и др.), которые должны обязательно поступать с кормами, так как не синтезируются в организме животных. При недостатке указанных кислот возникает ряд заболеваний.

При дефиците жира обычно недостаточно поступает с кормами жирорастворимых витаминов (A, D, E и K).

Приборы, посуда, реактивы: аппарат Сокслета; органический растворитель (в лабораториях чаще используют серный или петролейный эфир); сушильный шкаф; бюксы; эксикатор; бумажные пакетики из фильтровальной бумаги (ГОСТ 120.26—66).

Аппарат Сокслета (рис. 1) состоит из колбы *1*, экстрактора *2* и шарикового холодильника *3*. Экстрактор имеет две трубки — одна более широкая, другая — сифон, по которой сливается эфир. Перед работой аппарат Сокслета собирают (колбу для растворителя соединяют с экстрактором, экстрактор — с холодильником). Собранный аппарат Сокслета укрепляют в штативе Бунзена.

Ход определения. Готовят пакетики из фильтровальной бумаги, помещают их в бюксы и высушивают в сушильном шкафу при температуре 100—105° С. В пакетик из фильтровальной бумаги отвешивается навеска корма (1—2 г), пакетик с кормом помещается в бюкс и высушивается в термостате при 100—105° С до постоянного веса.

Высушенные и взвешенные в бюксе пакетики с кормом (на пакетиках простым карандашом указывают номер бюкса) помещают в экстрактор аппарата Сокслета, заливают эфиром и оставляют на ночь. На следующий день приливают в экстрактор эфира столько, чтобы произошло его сливание и оставался некоторый избыток (50—25 мл).

Затем колбу аппарата Сокслета ставят на водяную баню, нагревают на медленном огне (растворитель не должен сильно кипеть). Эфир в колбе, нагреваясь, испаряется и поднимается по широкой трубе экстрактора в холодильник. В холодильнике эфир конденсируется и каплями стекает в экстрактор, где находятся пакетики с исследуемым кормом.

Как только экстрактор наполнится эфиром до верхнего изгиба сифонной трубки, эфир с растворенным в нем жиром начинает стекать по ней в колбу.

При равномерной экстракции происходит 4—5 сливаний в течение часа. Экстрагирование ведут 10—12 ч для кормов, богатых жиром, и 5—6 ч для кормов с низким его содержанием.

По окончании экстракции пакетики вынимают, раскладывают на большом часовом стекле и высушивают в вытяжном шкафу. Затем их помещают в соответствующие бюксы и ставят в термостат для высушивания при 100—105°. Высушивание продолжают до постоянного веса.

Процентное содержание сырого жира корма вычисляют по формуле

$$x = \frac{(м - м_1) \cdot 100}{в},$$

где x — определяемый процент сырого жира; $м$ — масса бюксы и пакетика с навеской корма после высушивания до экстрагирования жира; $м_1$ — масса бюксы и пакетика с навеской после экстрагирования и высушивания; $в$ — навеска корма в воздушно-сухом состоянии; 100 — для перевода в проценты.

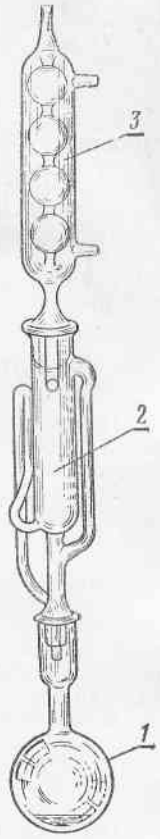


Рис. 1. Аппарат Сокслета.

Определение сырого жира экстрагированием этиловым эфиром (ГОСТ 13496.14—75 и 13496.16—75). Приборы, посуда и реактивы: аналитические весы марки АДВ-200 или других аналогичных марок; прибор Сокслета; водяная баня электрическая или лампочка электрическая угольная; сушильный электрический шкаф или другой аналогичного типа; фильтровальная бумага (ГОСТ 12026—66); сухая обезжиренная гигроскопическая вата (ГОСТ 5556—66); эфир этиловый (ГОСТ 6265—52).

Ход определения. Из прямоугольного куска фильтровальной бумаги размером 480—100 мм приготавливают патрон, навертывая бумагу на деревянную болванку. По мере навертывания свободный край бумаги подворачивают складками для образования донышка патрона. Бумагу и болванку берут таких размеров, чтобы стенки патрона получились двойными, а его диаметр примерно соответствовал диаметру экстрактора.

Предварительно высушенную и взвешенную колбочку прибора приблизительно на $^2/_3$ объема наполняют чистым безводным этиловым эфиром с температурой кипения 35° С и присоединяют к экстрактору.

Навеску корма в количестве 10 г (погрешность — не более 0,0002 г) помещают в заранее взвешенный бумажный патрон.

На дно патрона и выше навески помещают обезжиренную гигроскопическую вату. Патрон с навеской помещают в среднюю часть прибора Сокслета так, чтобы он не был выше выходного отверстия сифонной трубки.

В холодильник пускают воду и нагревают колбу с эфиром на электрической водяной бане при 50—60° С или над электрической угольной лампочкой, регулируя температуру нагрева так, чтобы экстрактор заполнялся эфиром в течение 6—8 мин. При перегоне следует избегать близости огня и слишком бурного кипения эфира во избежание потерь.

По окончании экстрагирования и после охлаждения прибора холодильник и экстрактор разъединяют для проверки степени извлечения жира, смачивают конец полоски фильтровальной бумаги эфиром из экстрактора. Если после испарения эфира на фильтровальной бумаге не остается жирного пятна, экстрагирование считают законченным.

Присоединив колбочку с эфирной вытяжкой к холодильнику Либиха, отгоняют эфир, нагревая ее на водяной бане с температурой воды до 70° С. После отгонки эфира для удаления последних его следов колбочку помещают на 15—20 мин на верх нагретого сушильного шкафа, а затем переносят в сушильный шкаф, где жир высушивают при 100° С до постоянной массы или до начала ее увеличения.

Первое взвешивание проводят после сушки жира в колбе через 1 ч, последующие — через 30 мин.

Содержание сырого жира в процентах вычисляют по формуле

$$x = \frac{м_1 - м}{м_2} \cdot 100,$$

где x — процентное содержание сырого жира; $м$ — масса сухой колбы, г; $м_1$ — масса колбы с жиром, г; $м_2$ — масса навески корма, г.

Допустимое расхождение между результатами двух параллельных определений — 0,2%.

Определение сырого жира экстрагированием бензином или бензолом. Приборы, посуда, реактивы: аналитические весы марки АДВ-200 или других аналитических марок; водяная баня электрическая; колба плоскодонная вместимостью 250 мл (ГОСТ 10394—72), обратный воздушный холодильник (стеклянная трубка длиной 30—40 см, с внутренним диаметром 10 мм); штатив Бунзена; стаканчики (бюксы) стеклянные (ГОСТ 7148—70); бумага фильтровальная (ГОСТ 12026—66); вата сухая обезжиренная гигроскопическая (ГОСТ 5556—66); стекло часовое, пробки резиновые, бензин, бензол (ГОСТ 5955—68).

Ход определения. Готовят пакетики из фильтровальной бумаги размером 100×90 мм (или патроны размером 10×40 мм),

помещают их в бюксы и высушивают в сушильном шкафу при 100—105° С.

Навеску массой 1—2 г (в зависимости от содержания жира в исследуемом корме) помещают в пакетик (патрон). На каждом пакетике (патроне) проставляют номер простым карандашом. На дно патрона и выше навески помещают обезжиренную гигроскопическую вату. Пакетик (патрон) с кормом помещают в бюксу и высушивают в сушильном шкафу при 100—105° С до постоянной массы, охлаждают в эксикаторе и вновь высушивают.

Высушенные и взвешенные в бюксе пакетики (патроны) с навеской корма помещают в колбу вместимостью 250 мл, заливают бензином или бензолом.

Колбу закрывают пробкой с воздушным холодильником и помещают в водяную баню, которую нагревают на медленном огне (растворитель не должен сильно кипеть). Температура кипения бензина — 80—105° С, бензола — 80,3° С.

Экстрагирование ведут 10—12 ч для кормов, богатых жиром, и 5—6 ч для кормов с низким его содержанием. Порции растворителя меняют 6—10 раз, через каждые 1,5—2 ч работы. Одновременно можно экстрагировать несколько проб кормов.

Экстрагирование считают законченным, если на фильтровальной бумаге, смоченной растворителем с конца воздушного холодильника, отсутствует жирное пятно.

По окончании экстракции пакетики (патроны) вынимают, раскладывают на большом часовом стекле и подсушивают на воздухе. Затем помещают в соответствующие бюксы и высушивают в сушильном шкафу при 100—105° С до постоянной массы.

Процентное содержание сырого жира вычисляют по формуле

$$x = \frac{m_1 - m}{m_2} \cdot 100,$$

где x — содержание сырого жира, %; m_1 — масса бюксы (патрона) с навеской корма до экстрагирования, г; m — масса бюксы (патрона) с навеской после экстрагирования, г; m_2 — масса навески корма, г.

Допустимое расхождение между результатами двух параллельных определений — 0,3%.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕВОДОВ

Определение сырой клетчатки (модификация метода Ганнеберга — Штомана)

Данная модификация определения сырой клетчатки дает возможность сократить время анализа за счет использования более концентрированных реагентов, участвующих в гидролизе веществ. Кроме того, использование кислоты более высокой концентрации при анализе концентрированных кормов способствует разжижению крахмального клейстера, убыстряя тем самым процесс фильтрования и отсасывания гидролизатов.

Метод определения сырой клетчатки основан на обработке исследуемого вещества растворами серной кислоты и едкой щелочи, спиртом и эфиром. Под действием кислоты при кипячении нерастворимые углеводы (крахмал и частично гемицеллюлозы) гидролизуются и в раствор переходят амидные соединения, амины, частично алкалоиды и минеральные вещества. Щелочь переводит в растворимое состояние белковые вещества, жиры и жироподобные вещества, омыляя и эмульгируя их. Кроме того, она растворяет значительную часть оставшихся гемицеллюлоз и частично лигнин. С помощью спирта и эфира извлекают растворимые в них вещества (смолы, остатки жира, воска, красящие вещества и др.). Полученный остаток представляет собой сырую клетчатку (сырой ее называют потому, что указанные реагенты не полностью удаляют сопутствующие вещества — лигнин, гемицеллюлозы, пентозаны, минеральные вещества и др.).

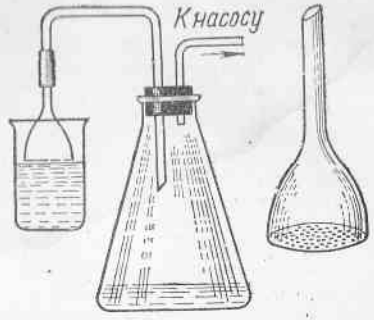


Рис. 2. Аппарат для фильтрования клетчатки при помощи воронки Джандиери.

Приборы и реактивы: 4%-ный раствор серной кислоты (в мерную колбу емкостью 1000 мл наливают 800 мл дистиллированной воды, затем добавляют 23,3 мл серной кислоты х. ч. плотностью 1,84 г/см³, после охлаждения доводят дистиллированной водой до 1 л); 5%-ный раствор гидроокиси калия (50 г КОН растворяют в 950 г дистиллированной воды); этиловый спирт; серный эфир; сушильный шкаф; нагревательный прибор (плитка электрическая или газовая горелка с асбестовой сеткой); насос вакуумный или водоструйный; эксикатор; стеклянные бюксы (сушильные стаканчики) пронумерованные; стаканы химические емкостью 300—500 мл; воронка Джандиери (рис. 2) (в расширенной части которой имеется плоская стеклянная пластинка с большим числом мелких отверстий диаметром 1—1,5 мм); стеклянные воронки диаметром 7 см; воронки Бюхнера диаметром 8—10 см; цилиндры мерные; колбы Бунзена вместимостью 2—3 л; колбы мерные емкостью 1000 мл; стеклянные палочки длиной около 20 см с резиновым наконечником; бумага фильтровальная быстрой фильтрации ФОБ (ГОСТ 12026—76); лакмусовая бумага красная.

Ход определения. В бюксу помещают бумажный фильтр диаметром как воронка Бюхнера и высушивают в течение 1—1,5 ч в сушильном шкафу при температуре 100—105° С до постоянной массы.

Навеску воздушно-сухого хорошо размолотого корма (1,5 г для грубых и сочных, 2 г — для концентратов) помещают в стакан вместимостью 300—500 мл с меткой на 200 мл, сделанной восковым карандашом или накленной полоской бумаги. К навеске приливают 200 мл 4%-ного раствора серной кислоты, предварительно подогретой до 70—80° С.

Смесь тщательно перемешивают стеклянной палочкой с резиновым наконечником, стакан ставят на нагревательный прибор, доводят до кипения и кипятят 5 мин.

Стакан снимают с плитки, осадку дают отстояться и горячий раствор отсасывают. Наиболее удобный способ удаления раствора при помощи простого прибора. Прибор состоит из колбы Бунзена

или толстостенной конической колбы, соединенной резиновой трубкой с водоструйным или вакуумным насосом для разряжения. В резиновую пробку, плотно закрывающую колбу, вмонтирована изогнутая стеклянная трубка, к которой присоединяется при помощи резиновой трубки воронка Джандиери (для кормов с содержанием клетчатки 3% и больше можно использовать обычную воронку, обтянутую тканью капронового сита с диаметром отверстий не более 0,1 мм).

Перед началом отсасывания на воронку Джандиери кладут смоченный кружок фильтровальной бумаги, точно соответствующий размерам воронки. После пуска насоса бумага плотно присасывается к пластинке воронки. Воронку с фильтром опускают в стакан до соприкосновения с жидкостью (глубокое погружение не рекомендуется). Жидкость отсасывают в колбу Бунзена. Отсасывание ведут недосуха (насос при отсасывании должен работать непрерывно).

Затем воронку вынимают из стакана, переворачивают фильтром вверх и дают оставшейся жидкости стечь в колбу. В стакан до черты доливают горячей дистиллированной воды и, дав осесть осадку, отсасывают раствор, как и кислоту. Так повторяют 2—3 раза. Когда фильтр при отсасывании жидкости забивается, выключают насос, осторожно пинцетом снимают фильтр и прикладывают его к внутренней стенке стакана. Затем из промывалки сильной струей горячей воды смывают приставшие к фильтру частицы корма (фильтр выбрасывают) и присасывают к воронке новый фильтр. При использовании воронки, обтянутой тканью, тщательно отмывают горячей дистиллированной водой тканевый фильтр. После последнего отсасывания жидкости фильтр смывают небольшим количеством воды.

В стакан с осадком приливают 100 мл 5%-ного раствора щелочи и доливают дистиллированной воды до метки 200 мл. Содержание стакана вновь нагревают до кипения, кипятят в течение 5 мин, периодически помешивая. Затем его фильтруют через воронку Бюхнера с бумажным фильтром, масса которого вместе с бюксой в сухом состоянии определена заранее. Осадок на воронке Бюхнера тщательно отмывают от щелочи горячей дистиллированной водой (проба на лакмус), затем промывают поочередно 15 мл спирта и 15 мл эфира.

После обработки корма щелочью можно отсосать жидкость и промыть осадок несколько раз горячей водой до нейтральной реакции (проба на лакмус), как и после обработки вещества серной кислотой. После промывания оставшийся раствор с осадком переносят на бумажный фильтр (масса определяется заранее), помещенный в обычную воронку. Стакан смывают несколько раз горячей водой, чтобы все частички клетчатки перенести на фильтр. Клетчатку на фильтре промывают спиртом и эфиром.

Промытый осадок вместе с фильтром из воронки Бюхнера или из стеклянной воронки переносят в ту же бюксу, в которой высушивали фильтр, и сушат в сушильном шкафу при 100—105° С в течение 3—4 ч, затем охлаждают в эксикаторе, взвешивают, высушивают в течение 1 ч, охлаждают и снова взвешивают. Высушивание продолжают до постоянной массы.

Разница между массой бюксы с фильтром и клетчаткой и бюксы с фильтром составит массу сырой клетчатки в воздушно-сухом веществе.

Содержание сырой клетчатки рассчитывают по формуле

$$x = \frac{B \cdot 100}{a},$$

где x — сырая клетчатка в воздушно-сухом корме, %; B — масса сырой клетчатки, г; a — навеска вещества, г.

Определение сахаров центрифужным микрометодом Бертрана — Бьерри (модификация Е. А. Петуховой)

Принцип метода. Жидкость Фелинга (смесь медного купороса с сегнетовой солью в щелочной среде) окисляет альдегидные и кетонные группы сахаров и образуется закись меди, выпадающая в виде красно-бурого осадка. На закись меди действуют сернокислым окисным железом в кислом растворе, в результате чего медь переходит в окисную, а железо восстанавливается, переходя из трехвалентного окисного железа в двухвалентное закисное. Количество образовавшегося двухвалентного железа определяют окислением его перманганатом в кислой среде. По количеству затраченного на титрование перманганата вычисляют количество закиси меди и затем содержание сахаров в растворе.

Реактивы, оборудование: 10%-ный раствор нейтрального уксуснокислого свинца; концентрированная соляная кислота и разбавленная 1 : 1; насыщенный (20%-ный) раствор сернокислого натрия; толуол; углекислый натрий; раствор медного купороса — 80 г сернокислой меди ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) ч. д. а. растворяют в мерной литровой колбе дистиллированной водой и доводят ею до метки; щелочной раствор сегнетовой соли — 300 г едкого натра ч. д. а. растворяют в дистиллированной воде, сюда же добавляют 400 г сегнетовой соли ($C_4H_4O_6KNa \cdot 4H_2O$) и доводят водой до 1 л; жидкость Фелинга — смесь равных объемов растворов сернокислой меди и щелочного раствора сегнетовой соли — готовят непосредственно перед употреблением; раствор сернокислого окисного железа — 50 г $Fe_2(SO_4)_3$ или 80 г железоаммиачных квасцов $[Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$ растворяют в дистиллированной воде, куда осторожно приливают 200 г (108,7 мл) концентрированной серной кислоты (раствор не должен обладать восстанавливающими свойствами, для чего к нему приливают по каплям перманганат калия до появления очень слабо-розовой окраски. Общий объем доводят водой до 1 л; 0,5%-ный раствор $KMnO_4$ — 5 г марганцовокислого калия растворяют в 1 л прокипяченной горячей дистиллированной воды, фильтруют в склянку из темного стекла (1 мл 0,5%-ного раствора $KMnO_4$ соответствует 10 мг меди; 1 мл 0,1 н. раствора $KMnO_4$ соответствует 6,36 мг меди); ступка; мерные колбы на 100 и 250 мл; колбы на 500 мл; пробирки с метками на 25 и 50 мл; воронки; центрифужные пробирки; цилиндры мерные; микробюретка на 3—5 мл; нагревательный прибор; водяная баня; аппарат Коха или алюминиевый бидон на 8—10 л с кастрюлькой; сушильный шкаф; центрифуга; фарфоровая чашка.

Через 4—5 дней после приготовления перманганата устанавливают его титр (для установки титра рекомендуется пользоваться щавелевокислым натрием, предварительно высушенным при 120° С в термостате в стеклянной бюксе в течение 2 ч). После остывания

бюксы берут из нее 3—4 навески по 0,20—0,25 г в химические стаканы, предназначенные для титрования. Приливают по 50 мл дистиллированной воды и 2—2,5 мл концентрированной серной кислоты. Смесь нагревают до 70° С. Горячую жидкость титруют из бюретки 0,5%-ным раствором $KMnO_4$ до неисчезающего слабо-розового окрашивания. Для установления титра раствора $KMnO_4$ можно использовать также щавелевую кислоту или щавелевокислый аммоний.

Зная массу щавелевой кислоты или ее соли, взятой для установки титра, количество раствора $KMnO_4$, пошедшего на титрование и постоянный коэффициент пересчета $KMnO_4$ в медь, можно вычислить количество миллиграммов меди, соответствующее 1 мл раствора перманганата калия по формуле

$$C = \frac{B \cdot K}{M},$$

где C — количество меди, соответствующее 1 мл раствора $KMnO_4$, мг; B — масса щавелевой кислоты или ее соли, мг; M — количество $KMnO_4$, пошедшее на титрование, мл; K — постоянный коэффициент (для щавелевой кислоты — 1,413, щавелевокислого аммония — 0,8951, щавелевокислого натрия — 0,9492).

Пример. Навеска щавелевокислого натрия 0,2345 г (234,5 мг); на титрование его пошло 24,2 мл раствора $KMnO_4$ (K = =0,9492).

$$C = \frac{234,5 \cdot 0,9492}{24,2} = 9,198 \text{ мг меди.}$$

Подготовка пробы корма к анализу. Для определения сахаров используют свежий растительный материал, так как углеводы растений под действием ферментов легко разрушаются. При необходимости хранения растительный материал фиксируют. Наиболее надежный метод фиксации — замораживание жидким азотом или твердой углекислотой, а затем высушивание лиофилизацией. Хорошие результаты дает также фиксация материала кипящим 96%-ным этиловым спиртом, несколько хуже — фиксация паром.

Фиксация паром. Среднюю пробу свежесобранных растений в количестве 200—300 г помещают рыхлым слоем в фарфоровую чашку или небольшую кастрюльку, которую опускают в пары стерилизатора Коха. В качестве парообразователя можно использовать большую кастрюлю или алюминиевый молочный бидон на 8—10 л, на дно которого налита вода. Парообразователь закрывают крышкой и выдерживают там материал в течение 15—20 мин. Затем чашку вынимают и корм раскладывают тонким слоем в кювету и высушивают до воздушно-сухого состояния. Высушенный корм взвешивают, измельчают и сохраняют в воздушно-сухом состоянии в банках с притертой пробкой. Образцы сухого корма обработке паром не подвергаются. При определении углеводов в корнеклубнеплодах и силосе целесообразно использовать свежие образцы или фиксировать спиртом.

Фиксация спиртом. Измельченную пробу корма (2—5 г) помещают во флакон и заливают 5—7-кратным (по массе) количеством нагретого до 70° 96%-ного спирта (конечная концентрация спирта — не ниже 70—80%). Флаконы с пробами корма закрывают пробками и заливают парафином. Перед анализом корма спирт

упаривают на водяной или воздушной бане (50—70°) и проводят анализ по обычной схеме.

Получение водной вытяжки сахаров. Навеску исследуемого корма (2—5 г воздушно-сухого или 5—10 г свежего влажного корма, 2 г кормовой свеклы) растирают в ступке с небольшим количеством битого стекла.

Растертую массу переносят в колбу на 250 мл и приливают, омывая ступку и воронку, 100—150 мл горячей воды (при исследовании силоса для нейтрализации кислот добавляют окись кальция до слабощелочной реакции по индикаторной бумаге, примерно порцию на кончике ножа).

Колбу ставят на 1 ч в водяную баню (температура 60—70° С), затем снимают и охлаждают. Для осаждения белков приливают 2—3 мл 10%-ного раствора уксуснокислого свинца. Содержимое колбы смешивают и дают отстояться. Снова каплями добавляют уксуснокислый свинец до полного прекращения выпадения осадка, что бывает при избытке свинца.

Для контроля наличия избытка свинца в пробирку вносят 3—4 капли 20%-ного раствора Na_2SO_4 и 1 мл экстракта из колбы. Если смесь этих растворов помутнела, значит, имеется избыток свинца, который мешает дальнейшей работе. Содержимое пробирки выливают в колбу, пробирку трижды промывают 5—8 мл раствора Na_2SO_4, сливая его в ту же колбу. Содержимое колбы хорошо перемешивают, дают отстояться и снова проверяют на избыток свинца. Так поступают до отсутствия помутнения при смешивании растворов Na_2SO_4 и экстракта, что указывает на удаление избытка свинца.

Дистиллированной водой доводят объем жидкости в колбе до метки 250 мл, перемешивают, дают отстояться осадку и фильтруют. В полученной водной вытяжке можно определить только редуцирующие сахара.

Для определения общего количества сахара (сахароза+моносахариды) берут 25—50 мл фильтрата в большие пробирки с метками и добавляют соответственно 0,6 или 1,2 мл соляной кислоты, разведенной 1 : 1 (в гидролизате она должна быть 0,5%-ной концентрации) и проводят 30-минутный гидролиз на кипящей водяной бане (следят за объемом). Затем снимают с бани и охлаждают (после добавления 2—3 капель толуола пробу гидролизата можно оставить на ночь).

Гидролиз сахаров указанной группы можно проводить в 2%-ной соляной кислоте в течение 5 мин при 65—70°, но при этом анализ надо проводить сразу же после охлаждения.

После гидролиза необходимо нейтрализовать кислоту в водной вытяжке содой (Na_2CO_3), контролируя конец нейтрализации по индикаторной бумажке. При выпадении осадка хлористого свинца, гидролизат следует профильтровать.

Определение редуцирующих сахаров проводится в водной вытяжке, однако чаще определяют общее количество сахаров, так как они нормируются при кормлении жвачных животных, при этом для анализа используют гидролизат.

Ход определения. В центрифужные пробирки наливают по 4 мл гидролизата. Во все пробирки доливают по 4 мл свежеприготовленной жидкости Феллинга и перемешивают, постукивая по кончику пробирок (цвет жидкости должен быть голубой, а если стал бурым, это означает, что не хватило жидкости Феллинга).

Пробирки ставят на 10 мин в кипящую водяную баню (со времени закипания). Выпадает красно-бурый осадок закиси меди. Затем их охлаждают в воде.

Центрифугируют пробирки в течение 4—5 мин при 1500—2000 об/мин. Жидкость с осадка декантируют (следят, чтобы он не сливался). Край пробирки подсушивают фильтровальной бумагой.

Сразу после сливания жидкости к осадку добавляют по 2 мл горячей дистиллированной воды и встряхивают пробирку с осадком, постукивая пальцем по ее концу.

Вносят 6—8 мл горячей дистиллированной воды, обмывая стенки пробирки.

Снова центрифугируют и сливают жидкость. Промывают водой 2—3 раза. После каждого центрифугирования пробы с водой просматривают, нет ли на поверхности частичек закиси меди, если они плавают на поверхности, добавляют 6—10 капель этилового спирта, встряхивают пробирку и снова центрифугируют.

После промывания осадка немедленно приливают 2 мл горячей дистиллированной воды (чтобы закись меди не соприкасалась с воздухом).

К осадку приливают 3 мл раствора сернокислого окисного железа. Для быстрого растворения закиси меди раствор железа добавляют к взмученному палочкой осадку и помешивают палочкой до полного растворения осадка. Раствор в пробирке становится зеленоватым.

Не вынимая палочки, раствор титруют из микробюретки 0,1—0,2%-ным раствором марганцовокислого калия (его готовят перед титрованием из 0,5%-ного).

Параллельно ставят контрольную пробу. Для этого вместо испытуемого гидролизата берут 4 мл дистиллированной воды. Ход дальнейшей работы тот же, что и с гидролизатом корма.

Содержание сахаров рассчитывают по формуле

$$x = \frac{(a - б) \cdot C \cdot У \cdot 100}{K \cdot B \cdot У_1},$$

где x — процент сахара в исследуемом корме; a — количество раствора $KMnO_4$, пошедшее на титрование испытуемой пробы, мл; $б$ — количество раствора $KMnO_4$, пошедшее на титрование контрольной пробы, мл; C — количество меди, соответствующее 1 мл $KMnO_4$, мг (1 мл точного 0,1%-ного раствора $KMnO_4$ соответствует 2 мг меди); K — коэффициент перевода меди в сахар: 1 мг глюкозы соответствует 1,77 мг меди, 1 мг сахарозы (инвертированный сахар) — 1,90 мг меди; B — навеска корма, мг; $У$ — общий объем водной вытяжки сахара из навески корма, мл; $У_1$ — объем экстракта, взятый в центрифужную пробирку для определения сахара, мл; 100 — коэффициент перевода в проценты.

Определение растворимых и легкогидролизуемых углеводов в кормах

Принцип метода. Углеводы под действием концентрированной серной кислоты дегидратируются (пентозы до фурфурола, гексозы — до метилфурфурола). Эти вещества конденсируются с антроном, образуя соединение, окрашенное в голубовато-зеленый цвет. Оптическая плотность окрашенного раствора находится в линейной зависимости от содержания углеводов. Максимальное светопоглощение — при 625 нм.

Оборудование, реактивы: спектрофотометры «Спекол» или ФЭК-М; микроразмельчитель тканей РТ-2; водяная баня; нагревательный прибор; штативы с гнездами для пробирок; пробирки стеклянные (диаметр — 2 см, высота — 20 см) с притертыми пробками; стаканы химические на 250 мл (диаметр — 6,5 см, высота — 11 см), термостойкие (ГОСТ 10394—72); мерные колбы на 1000 и 100 мл с притертыми пробками; стеклянные воронки; мерные цилиндры на 10, 100, 250, 500 и 1000 мл; пипетки на 1, 2, 5, 10, 25, 50 и 100 мл; фильтровальная бумага быстрой фильтрации ФОБ (ГОСТ 12026—76); дозаторы на 10 мл (погрешность — не более 1%); антрон (МРТУ 6-09-1214—64); тиомочевина (МРТУ 6-09-62-63—69, ос. ч); серная кислота х. ч. или ч. д. а., $ZnSO_4$; х. ч. $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ х. ч.; глюкоза медицинская; хлорная ртуть, х. ч.; петролейный эфир; толуол, бензол х. ч.; воронка Бюхнера; эксикатор.

Приготовление реактивов. Перекристаллизация антрона: предварительно 1 г антрона растворяют в 9 мл горячего бензола, к полученному раствору приливают 3 мл холодного петролейного эфира. Выпавшие светло-желтые кристаллы отфильтровывают на воронке Бюхнера и высушивают в эксикаторе над хлористым кальцием.

Антроновый реактив: в термостойкой посуде смешивают 300 мл дистиллированной воды с 760 мл концентрированной серной кислоты (вливая постепенно ее в воду). После охлаждения в раствор, постоянно перемешивая, вводят 1 г тиомочевины, а затем 1 г антрона. Полученный желто-зеленый раствор тщательно перемешивают и переливают в темную склянку. Хранят не более 2—3 недель в холодильнике.

Осветляющие растворы: 300 г $ZnSO_4$ растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 1 л; 150 г $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$ растворяют в дистиллированной воде и доводят объем до 1 л.

Основной стандартный раствор глюкозы: 0,3 г медицинской глюкозы растворяют в мерной колбе на 1000 мл в дистиллированной воде, предварительно прокипяченной и охлажденной. В раствор на кончике скальпеля добавляют хлорную ртуть и доводят водой до метки. Основной раствор хранят в холодильнике не более месяца. При отсутствии хлорной ртути добавляют несколько капель толуола и хранят не более недели. 1 мл основного раствора содержит 0,3 мг глюкозы.

Шкала стандартных растворов: для ее приготовления используют основной раствор глюкозы, применяя мерные колбы вместимостью 100 мл. Отбирают в них количества основного раствора, доводят дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают.

Объем основного раствора медицинской глюкозы, мл	*Содержание глюкозы, мг/2 мл*
5	0,03
10	0,06
15	0,09
20	0,120
25	0,150

Ход определения. Навеску воздушно-сухого размолотого корма массой 0,5 г помещают в стеклянный стакан на 250 мл, заливают 60 мл предварительно нагретой до 50—60° С дистиллированной водой. Затем стакан помещают в микроразмельчитель РТ-2 и гомогенизируют корм в течение 2 мин (при отсутствии микроразмельчителя раствор готовят в мерных колбах на 100 мл с тем же количеством горячей воды, встряхивая в течение 15 мин).

После гомогенизации мешалку размельчителя обмывают дистиллированной водой в тот же стакан, раствор фильтруют через стеклянную воронку с мягким бумажным фильтром в мерную колбу на 100 мл. Осадок на фильтре промывают небольшим количеством воды. После охлаждения раствор доводят до метки и тщательно перемешивают. Получают исходный неосветленный экстракт углеводов, который при необходимости можно хранить в холодильнике (не более суток).

Для осветления вытяжки при анализе грубых, сочных и концентрированных кормов берут 10 мл исходного раствора (для свеклы — 1 мл) в колбу емкостью 100 мл. Добавляют по 2 мл 30%-ного раствора $ZnSO_4$ и 15%-ного раствора $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$, доводят водой до метки, тщательно перемешивают и фильтруют через бумажный фильтр, отбрасывая первые порции фильтрата.

При анализе кормов, содержащих небольшое количество углеводов, осветление проводят непосредственно после гомогенизации в колбах с исходным раствором, не доводя предварительно до метки. Осветленные растворы хранят в холодильнике (не более суток).

В пробирки с притертыми пробками дозатором или пипеткой с резиновым баллончиком вливают по 10 мл антронового реактива. Приливают осторожно по стенке по 2 мл осветленных растворов пробы, закрывают их пробками и для перемешивания энергично встряхивают 10 раз. Для построения калибровочного графика в пробирки с антроновым реактивом вместо осветленных растворов добавляют по 2 мл стандартных растворов и также энергично встряхивают.

Пробирки открывают, ставят в штатив, который помещают в кипящую водяную баню на 20 мин (дно штатива не должно касаться дна бани). При этом раствор в пробирках принимает голубовато-зеленую окраску.

Пробирки охлаждают проточной водопроводной водой и через 30 мин проводят измерение оптической плотности анализируемых и стандартных растворов на «Спеколе» при длине волны 625 нм или на ФЭК-М при красном светофильтре в кюветах с толщиной просвечиваемого слоя 20 мм.

Раствором сравнения служит холостая проба (вместо анализируемого раствора взято 2 мл воды). При работе на ФЭК-М холостой раствор готовится в двойном объеме. Наиболее точные результаты измерения оптической плотности можно получить в пределах 0,15—0,6.

Если исходные растворы без разведения дают очень низкую оптическую плотность, следует увеличить навеску. При очень высокой оптической плотности следует развести растворы, взятые для измерения, и учесть это при расчете. Каждая серия определения обязательно должна сопровождаться анализом стандартных растворов.

Содержание углеводов в пробе определяют по градуировочному графику, построенному по результатам измерения оптической

плотности стандартных растворов. На оси абсцисс графика откладывают содержание глюкозы (мг/2 мл образцового раствора), на оси ординат — соответствующую ему оптическую плотность.

Расчет содержания растворимых и легкогидролизуемых углеводов в воздушно-сухом веществе проводится по формуле

$$x = \frac{П \cdot А \cdot Б \cdot 100}{Н \cdot а \cdot б \cdot 1000},$$

где x — содержание сахара, %; $П$ — количество сахара, определенное по графику, мг/2 мл; $А$ — объем исходного неосветленного экстракта (100 мл); $Б$ — объем очищенного осветленного экстракта (100 мл); $а$ — количество исходного экстракта, взятого на осветление, мл; $б$ — количество осветленного экстракта, взятого для реакции, мл; $Н$ — навеска воздушно-сухого корма, мг; 100 — коэффициент для перевода в проценты; 1000 — коэффициент для перевода в граммы.

Определение безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ)

В группу БЭВ входят сахара, декстрины, камеди, крахмал, гемицеллюлоза, инулин, некоторые органические кислоты и др.

При анализе кормов содержание БЭВ определяют путем вычитания из 100 количества воды, золы, сырого протеина, сырой клетчатки и сырого жира, выраженные в процентах. Данные расчета БЭВ после анализа зеленой массы кукурузы показаны в таблице 41.

41. Расчет БЭВ по результатам анализа зеленой массы кукурузы

Показатели	Содержится	
	в воздушно-сухом веществе	в первоначальном веществе
Вода первоначальная, %	—	78,50
Вода гигроскопическая, %	6,80	1,46
Общее количество воды, %	—	79,96
Сырая зола, %	6,98	1,50
Сырой протеин, %	10,23	2,20
Сырой жир, %	2,32	0,50
Сырая клетчатка, %	23,72	5,10
Итого (а), %	50,05	89,26
БЭВ (100—а), %	49,95	10,74

МЕТОДЫ ОЗОЛЕНИЯ КОРМОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Сухое озоление кормов

Сырой золой называется остаток, получаемый при сжигании навесок корма в муфельных печах.

В сырой золе, кроме минеральных веществ анализируемого корма, может содержаться некоторое количество примесей (глина,

песок, несгоревшие частицы угля). Быстрому и полному озолению способствует рыхление корма и свободный доступ воздуха.

При сжигании корма углерод, водород и частично кислород улетучиваются в виде CO_2 и паров воды, а зольные элементы (макро- и микроэлементы) остаются в виде окислов.

Начало озоления рекомендуется проводить медленно при низкой температуре, чтобы исключить возможное разбрасывание мелких частиц корма. Это способствует более полному сгоранию органического вещества (в противном случае легкоплавкие соли препятствуют полному сгоранию). В первый период нагревания происходит сухая перегонка. Стенки тигля покрываются смолистым темным налетом. Озоление следует заканчивать при температуре не свыше 450—500° (начало темно-красного каления), чтобы не было улетучивания фосфора, серы и хлористых соединений щелочных металлов. Навески кормов, богатых белком или крахмалом (зерно, комбикорма, картофель и др), полезно для предотвращения потерь фосфора смешивать в тигле с 1 г растертого нитрата аммония.

В растворе золы, полученной из одной навески воздушно-сухого корма (5—10 г), можно определить несколько элементов. На одно определение фосфора, кальция, калия, натрия, магния или железа требуется в зависимости от вида корма и метода исследования элемента от 0,1 до 0,5 г сухого вещества; для анализа марганца, меди, цинка — 0,25—1, кобальта, молибдена или йода — 5—30 г (реже 1—3 г).

Приборы, материалы, реактивы. Весы аналитические (погрешность взвешивания не более 0,0002 г), муфельная печь (№ 6, 7, 8); тигли фарфоровые (№ 3—4—5) (ГОСТ 9147—59); эксикатор (ГОСТ 6371—73); тигельные щипцы; азотная кислота (ГОСТ 4461—67) х. ч. или ч. д. а; азотнокислый аммоний; перекись водорода, 30%-ный водный раствор (ГОСТ 10929—64).

Определение сырой золы

Фарфоровые тигли прокаливают в течение 0,5—1,0 ч в муфеле при температуре темно-красного каления. Тигли из муфеля тигельными щипцами переносят в эксикатор и охлаждают в течение 1—1,5 ч. На аналитических весах взвешивают пустой тигель, записывают его массу, затем насыпают 2—5—10 г исследуемого корма (примерно до половины тигля) и определяют массу тигля с кормом. По разности находят навеску анализируемого корма.

Тигель с кормом помещают затем в холодную муфельную печь, включают муфель на слабый нагрев (дверка должна быть открыта для большего доступа воздуха). Через 50—60 мин после окончания дымления корма увеличивают нагрев до 450—500° (передвигают рычаг реостата) и оставляют тигли при темно-красном калении до получения золы светло-серого цвета (2—3 ч). По окончании прокаливания тигли с золой охлаждают в выключенной муфельной печи, затем переносят в эксикатор и взвешивают.

Если в золе остаются несгоревшие обуглившиеся частицы, тигли охлаждают и добавляют в них несколько капель горячей дистиллированной воды, затем снова осторожно прокаливают. К остатку также можно добавить в качестве окислителя 1—2 мл 3%-ного раствора перекиси водорода (без примеси фосфора) или несколько капель концентрированной азотной кислоты (или столько же 10%-ного раствора азотнокислого аммония).

Тигли ставят на плитку с асбестовой сеткой или в слабонагретый муфель (80—100°) для выпаривания окислителя. После его удаления тигли с золой снова переносят в муфель и усиливают нагрев до 450—500° (темно-красное каление). При этой температуре они должны простоять в муфеле 30—60 мин. После такой обработки остатки угля обычно быстро сгорают. Если сжигание произошло не полностью (наличие черных неозоленных частиц угля), в охлажденные тигли снова прибавляют дистиллированную воду или окислитель, вновь выпаривают и прокаливают (обрабатывают 1—2 раза).

После получения золы тигель с золой ставят в эксикатор, охлаждают и затем взвешивают. Прокаливание в муфеле повторяют в течение 1—1,5 ч, снова охлаждают в эксикаторе и взвешивают.

Повторные прокаливания необходимы для полного сжигания корма. Операцию повторяют до получения постоянного веса. Для полного озоления пробы корма обычно достаточно 5—6 ч.

Содержание сырой золы в воздушно-сухом веществе корма рассчитывают по формуле

$$x = \frac{(a - B) \cdot 100}{H},$$

где x — содержание золы, %; a — масса тигля с «сырой» золой; B — масса пустого тигля; H — масса корма, г; 100 — коэффициент пересчета в проценты.

Допустимое расхождение между отдельными определениями — 2% от среднего.

Подготовка исходного раствора золы для анализа макро- и микроэлементов

Реактивы и посуда. Соляная кислота концентрированная (ГОСТ 3118—67) х. ч.; соляная кислота разведенная (1 : 3); азотная кислота концентрированная (ГОСТ 4461—67) х. ч. или ч. д. а; серная кислота разведенная (1 : 5); вода дистиллированная (ГОСТ 6709—72); мерные колбы на 100 и 250 мл (ГОСТ 1770—74); бюретки на 25—50 мл (ГОСТ 20292—74); пипетки мерные на 2, 5, 10 и 25 мл (ГОСТ 20292—74); воронки стеклянные (ГОСТ 9147—59).

Приготовление раствора золы. Полученную золу растворяют в разведенной соляной кислоте (1 : 3). Для этого в тигель с золой добавляют 3—5 капель дистиллированной воды и осторожно приливают 10 мл разведенной соляной кислоты (для золы от 1—2 г корма достаточно 5 мл кислоты). Содержимое перемешивают стеклянной палочкой. При необходимости тигли подогревают, происходит растворение золы и образование хлористых солей минеральных элементов. Иногда в тигель для улучшения растворимости золы полезно добавить несколько капель азотной кислоты.

Раствор переносят без фильтрования (или через фильтр, смоченный соляной кислотой) через воронку в мерную колбу на 100 мл. Повторно тигель с остатками золы обрабатывают 5—10 мл соляной кислоты (1 : 3), при необходимости тигель с кислотой подогревают и затем его содержимое снова переносят в колбу. В тигель добавляют дистиллированную воду, обмывая стенки. Затем раствор переносят в колбу (часто на дне тигля остается нерастворенный осадок — песок). Тщательное обмывание тигля дистиллированной

водой повторяют. Объем раствора золы в колбе доводят дистиллированной водой до метки и тщательно перемешивают. Получают основной раствор золы, который можно использовать для определения кальция, фосфора, магния, калия, натрия и некоторых микроэлементов.

При определении калия и микроэлементов, особенно в тканях животных и кормах животного происхождения, целесообразно использовать сульфатную золу. При этом во время озоления не разрушается глазурь тигля и зола меньше сплавляется. Для получения сульфатной золы в тигель к корму добавляют разведенную (1 : 5) серную кислоту (по 1 мл на 1 г), перемешивают содержимое стеклянной палочкой, которую затем обмывают небольшим количеством воды. Тигель с кормом нагревают на плитке с асбестовой сеткой или на воздушной бане, чтобы вся масса высохла и обуглилась, и далее озоляют в муфеле.

По окончании сжигания золу пропитывают пятью каплями серной (азотной) кислоты, 1 мл соляной и 2 мл дистиллированной воды и осторожно досуха выпаривают кислоты. Далее золу растворяют в разведенной соляной кислоте.

При таком способе переходят в раствор трудно растворимые в соляной кислоте окислы железа темно-бурого цвета и почти нерастворимая металлическая медь. Образование металлической меди возможно при сухом методе озоления (при температуре выше 500° С).

Мокрое озоление кормов

В основе этого метода лежит непрерывное воздействие на корм сильной окислительной смеси. При этом органическое вещество разрушается без образования угля, так как углерод целиком окисляется в CO_2.

При мокром озолении исключаются потери фосфора, калия и других элементов, так как температура содержимого в колбе обычно не превышает 338°. Озоление ведут в вытяжном шкафу в колбах или пробирках из тугоплавкого стекла. Для озоления применяют несколько рецептов окисляющих смесей, в частности смесь концентрированных серной и азотной кислоты (1 : 1), азотной и серной (10—20 : 1), серной и хлорной (4 : 1) или концентрированную серную кислоту в присутствии катализаторов (селен металлический, пергидроль, смесь сульфатов калия и меди и др.).

Получение минерализатов для определения азота, фосфора, калия и кальция из одной навески корма

Для подготовки пробы корма к анализу можно использовать метод мокрого озоления.

Корм обрабатывают концентрированной серной кислотой, содержащей селен, и добавляют 30%-ный раствор пергидроля.

Реактивы, посуда, оборудование. Реактивы: Кислота серная концентрированная (ГОСТ 4204—77) х. ч.; селен элементарный (МРТУ 6-09-638—63); кислота серная, содержащая селен из расчета 5 г/л; аморфный селен растворяют при нагревании в колбе Кьельдаля в концентрированной H_2SO_4 до полного растворения и обесцвечивания. Перекись водорода — 30%-ный водный раствор (ГОСТ 10929—64).

Посуда. Колбы Кьельдаля на 500 мл для приготовления серной кислоты, содержащей селен; пробирки мерные с пробками из термостойкого стекла на 100 мл или мерные колбы из термостойкого стекла на 100 мл (или колбы Кьельдаля на 100 и 250 мл); дозатор на 3, 5 и 15 мл для дозирования концентрированной серной кислоты (погрешность дозирования $<1\%$); пипетки с грушей или дозаторы вместимостью 0,5 и 1 мл; поршневая пипетка или пипетка с грушей на 2 мл для дозирования 30%-ного раствора перекиси водорода (погрешность дозирования $<1\%$); мерные цилиндры на 10 мл (для взвешивания); воронки или стеклянные пробки для закрывания колб Кьельдаля; мерные колбы на 100 и 250 мл (ГОСТ 10394—72).

Оборудование. Весы аналитические или торзионные (погрешность взвешивания $<0{,}5$ мг); весы технические (погрешность взвешивания $<0{,}1$ г); нагревательные блоки для пробирок или электроплитка с температурой нагрева до 400° С; установка для озоления в вытяжном шкафу.

Мокрое озоление корма серной кислотой с селеном и пергидролем (по прописи ЦИНАО). Взвешивают на аналитических или торзионных весах около 0,2 г воздушно-сухой измельченной и просеянной через сито (диаметр отверстий 1 мм) пробы корма и переносят в мерные пробирки из термостойкого стекла или колбы Кьельдаля.

Пробу корма заливают 2 мл 30%-ного раствора перекиси водорода. Через 1,5—2 мин в пробирку (колбу) приливают 3 мл концентрированной серной кислоты, содержащей селен, и содержимое слегка встряхивают.

Затем пробирки помещают в холодные нагревательные блоки с автоматической регулировкой температуры (или в песчаные бани) и в течение 0,5—1 ч поднимают температуру до 380° С. Продолжают озоление до полного обесцвечивания раствора. Время, необходимое для полной минерализации навески корма, составляет 1,5—2 ч.

Колбы с минерализатом после осветления охлаждают и доводят объем раствора дистиллированной водой до 100 мл, содержимое перемешивают. Раствор может быть исходным для определения азота, фосфора, калия, кальция, натрия и ряда других элементов.

Одновременно проводят холостой опыт через все стадии анализа (кроме взятия навески).

Определение кальция и магния

Комплексометрическое определение кальция и магния с трилоном Б методом обратного титрования (модификация А. Ф. Арсеньева). Комплексометрические определения кальция и магния основаны на способности трилона Б образовывать с ионами металлов прочные внутрикомплексные соединения, для чего требуется определенная величина pH. Грамм-ион комплексона всегда связывается с грамм-ионом металла (независимо от валентности последнего) с освобождением двух грамм-ионов водорода.

Поскольку комплексные соединения кальция и магния с трилоном Б бесцветны и хорошо растворимы в воде, эквивалентную точку устанавливают по изменению окраски особых металлиндикаторов (рМ-индикатор). Наиболее употребительный индикатор для определения суммы $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ и одного магния — черный хромоген или его смесь с метилротом, для определения кальция — мурек-

сид (лучше смесь мурексида с нафтол зеленым или метиленовым синим).

Металлиндикатор образует с катионом металлов интенсивно окрашенное комплексное соединение (менее прочное, чем с трилоном Б). При пользовании методом обратного титрования вводится избыток трилона Б. Поэтому образование окрашенного комплексного соединения катионов металлов с металлиндикаторами происходит только после полного окончания титрования свободного трилона Б. В момент достижения эквивалентной точки цвет раствора меняется, что обусловлено окраской свободного индикатора. Трилонаты кальция и магния образуются лишь в щелочной среде. Поэтому определение их проводят в присутствии щелочного буфера. Гидроксильные ионы буфера обеспечивают определенную величину pH титруемого раствора и нейтрализуют ионы водорода, освобождающиеся при взаимодействии кальция и магния с трилоном Б.

Комплексометрическому определению кальция и магния мешает присутствие в растворе ионов меди, марганца, железа и алюминия. Влияние фосфатов можно устранить, применяя обратное титрование.

При определении этим методом кальция и магния сначала определяют их сумму, затем содержание кальция. Магний определяют по разности. Прямое определение магния возможно лишь после выделения кальция из раствора.

Р е а к т и в ы и п о с у д а. *Основные реактивы.* 1%-ный водный раствор сульфида натрия ($Na_2S \cdot 9H_2O$) (хранить не более 5 дней). Вместо него можно применять 0,1%-ный раствор диэтилдитиокарбамата натрия (по 1 мл); 5%-ный водный раствор солянокислого гидроксиламина; 0,1 и 0,01 н. растворы трилона Б; дистиллированная вода, проверенная на содержание кальция и магния; химические стаканы на 150—200 мл; бюретки; микробюретки на 5 мл; пипетки разные.

Реактивы на кальций. Индикатор — смесь мурексида с нафтол зеленым (0,25 г мурексида и 0,85 г нафтол зеленого) тщательно растирают до состояния пудры со 100 г хлористого натрия х. ч. или ч. д. а.; индикатор мурексид (0,2 г мурексида растирают со 100 г хлористого натрия; смешанный индикатор (смешивают 25 мл 0,02%-ного раствора метилрота в 60%-ном спирте и 3 мл 0,1%-ного водного раствора метиленового синего); 1 н. раствор едкого натрия; 0,01 и 0,1 н. растворы хлористого или азотнокислого кальция.

Раствор хлористого кальция (0,01 н.) готовят по следующей методике: 0,5 г $CaCO_3$ х. ч. или ч. д. а. высушивают в течение часа при 110° и помещают в высокий химический стакан емкостью 100—150 мл, в него наливают по каплям около 5 мл воды и 11 мл 1 н. раствора HCl. По окончании реакции содержимое стакана нагревают до кипения и переносят в мерную колбу на 1 л. После охлаждения разбавляют раствор дистиллированной водой, доводя его до метки.

Можно приготовить 0,1 н. раствор приблизительно из $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ч. д. а. и установить его точную концентрацию обратным комплексометрическим титрованием, пользуясь 0,1 н. раствором трилона. Раствор разводят на основании расчета до 0,01 н. концентрации.

Реактивы на магний и сумму кальция с магнием. 0,1 н. или 0,01 н. растворы сернокислого магния (1,235 г $MgSO_4 \cdot 7H_2O$) х. ч.

или ч. д. а. растворяют в мерной колбе емкостью 1 л и доводят дистиллированной водой до метки. Можно использовать фиксанал этой соли (0,1 и 0,01 н); хлоридно-аммиачный буферный раствор (20 г NH_4Cl растворяют в 100 мл дистиллированной воды, приливают 100 мл 25%-ного раствора NH_4OH, доводят дистиллированной водой до 1 л, тщательно перемешивают, хранят в склянках с притертой пробкой); индикатор черный хромоген ЕТ-00 (сухой или в виде раствора).

Сухую смесь хромогена черного ЕТ-00 готовят из 1,0 г индикатора и 100 г х. ч. NaCl, KCl или K_2SO_4. Соль тщательно растирают в ступке, прибавляя в нее индикатор небольшими порциями при постоянном и тщательном перемешивании смеси пестиком. Сухой индикатор хранят в темной банке с притертой пробкой.

Раствор индикатора готовят следующим образом: 0,5 г хромогена черного растворяют в 10 мл хлоридно-аммиачного буфера и доводят до 100 мл этиловым спиртом. Раствор хранят в темной склянке с притертой пробкой.

О п р е д е л е н и е к а л ь ц и я. В стакан с метками на 50 или 70 мл пипеткой наливают 5—10 мл раствора золы (в зависимости от содержания кальция), добавляют 2—3 капли раствора сульфида натрия, 10—15 мл дистиллированной воды и 2—3 капли смешанного индикатора.

Затем добавляют 10—25 мл 0,01 н. раствора трилона Б. Содержимое стакана нейтрализуют 1 н. раствором едкой щелочи до перехода окраски раствора из красно-фиолетовой в зеленую. Затем приливают 5—7 или 10 мл 1 н. раствора едкой щелочи (10% к объему жидкости в стакане, чтобы в испытуемом растворе концентрация щелочи соответствовала 0,1 н.).

Добавляют 1 мл 5%-ного раствора гидроксиламина и доводят объем раствора в стакане дистиллированной водой до метки 50—70 или 100 мл.

Перед титрованием прибавляют в раствор около 0,12 г сухой смеси мурексида с нафтол зеленым (или 0,12 г смеси мурексида с хлористым натрием и 16 капель смешанного индикатора).

Избыток трилона оттитровывают 0,01 н. раствором хлористого кальция до перехода сине-голубой окраски раствора в фиолетово-розовую (сиреневатую). Титровать необходимо перед не освещенным солнцем окном, просматривая окраску на свет (яркий солнечный свет искажает окраску).

Одновременно ставят контроль с раствором трилона Б (без раствора золы) для проверки его по 0,01 н. раствору хлористого или азотнокислого кальция.

Пример. Если на титрование 10 мл 0,01 н. раствора трилона Б пошло 10,2 мл 0,01 н. раствора хлористого или азотнокислого кальция, считают, что для определения взято не 10 мл раствора трилона Б, а 10,2 мл (20 мл 0,01 н. трилона Б соответствует 20,4 мл 0,01 н. раствора кальция).

Содержание кальция в корме рассчитывают по формуле

$$x = \frac{(A - Б) \cdot K \cdot V}{V_1 \cdot H},$$

где x — содержание кальция в корме, мг/г (г/кг); A — объем 0,01 н. раствора трилона Б, взятый для определения кальция, мл; $Б$ — объем 0,01 н. раствора соли кальция, пошедший на титрование сво-

бодного (не связанного с кальцием корма) трилона Б, мл; K — коэффициент (1 мл 0,01 н. раствора трилона Б, связанного с кальцием корма, соответствует 0,2 мг кальция); V — общий объем раствора золы, мл; V_1 — объем раствора золы, взятый на анализ, мл; H — масса корма, взятая на озоление, г.

Примечания. 1. При определении кальция в минеральных подкормках и комбикормах для птицы (навеска 5—10 г и V = = 100 мл) рекомендуется применять 0,1 н. растворы соли кальция и трилона Б или делать разведение исходного раствора золы корма в 5—10 или 20 раз.

2. При определении кальция в кормах, богатых фосфором, рекомендуется медленное титрование.

Определение суммы кальция и магния и расчет содержания магния. В химический стакан емкостью 150—200 мл (стаканы с меткой на 70—100 мл) берут пипеткой 5 или 10 мл раствора золы и добавляют 10 мл дистиллированной воды.

Приливают 10—25 мл 0,01 н. раствора трилона Б. К раствору добавляют 3—5 капель индикатора метилрот и нейтрализуют по каплям водным аммиаком (1 : 1) до появления желтой окраски.

Затем приливают из бюретки 15 мл аммиачного буфера (20% к общему объему), добавляют 1 мл 5%-ного раствора гидроксиламина и доводят объем испытуемого раствора дистиллированной водой до метки 70 мл.

Затем добавляют 10—12 капель 0,02%-ного раствора метилового красного, перемешивают раствор в стакане стеклянной палочкой и перед титрованием добавляют 5 капель металлиндикатора (хромоген черный). Окраска раствора в стакане становится зеленой. Если окраска стала красной, это свидетельствует о недостатке трилона Б. Необходимо добавить еще 5, 10 или 20 мл этого реактива.

Избыток трилона Б, не связанного ионами кальция и магния, оттитровывают 0,01 н. раствором сернокислого магния до перехода окраски раствора из зеленой в красно-фиолетовую (сиреневую). Перед концом титрования, когда появляется переходная серо-зеленая окраска, добавляют 2—3 капли хромогена черного.

Одновременно с испытуемыми растворами золы проводят титрование одного трилона с добавлением необходимых реактивов и индикаторов. Вместо исследуемого раствора берут дистиллированную воду.

Содержание магния рассчитывают по формуле

$$x = \frac{(A - Б - C) \cdot K \cdot V}{V_1 \cdot H},$$

где x — содержание магния в корме, мг/г; (г/кг); A — объем раствора трилона Б, взятый для определения суммы кальция и магния, мл; $Б$ — объем 0,01 н. раствора сернокислого магния, пошедший на титрование избытка трилона Б, мл; C — объем 0,01 н. раствора трилона Б, связанный с кальцием (данные берут из анализа кальция в таком же объеме раствора золы), мл; K — коэффициент, показывающий, что 1 мл связанного 0,01 н. трилона Б соответствует 0,1216 мг магния; V — общий объем раствора золы, мл; V_1 — объем раствора золы, взятой для определения суммы кальция и магния, мл; H — масса корма, взятая на озоление, г.

Определение фосфора

Колориметрический метод определения фосфора является наиболее простым, удобным и точным. Он основан на способности неорганических фосфатов образовывать с молибденовокислым аммонием комплексные соединения, которые затем восстанавливаются сульфитом натрия и гидрохиноном до молибденового окисла, окрашенного в голубой цвет (так называемая молибденовая синь).

В присутствии ванадия фосфорная кислота образует с молибдатионами комплексное соединение желтого цвета. Интенсивность синего или желтого окрашивания растворов пропорциональна содержанию фосфора. Фосфор определяют из растворов золы (озоление при температуре не выше 450—500° С) и из минерализатов после мокрого озоления кормов.

Определение фосфора по интенсивности образования фосфорно-молибденовой сини (из растворов золы). Концентрация фосфора в растворе золы, взятом для колориметрического определения, не должна превышать 0,15 мг. Поэтому рекомендуется делать разведения исходного раствора золы с учетом вида и массы корма, взятых для озоления. Ниже приводится вспомогательная таблица по определению оптимального объема раствора золы при массе корма 2 и 5 г и исходном объеме раствора 100 мл (табл. 42).

42. Определение оптимального объема раствора золы при массе корма 2 и 5 г

Корма (в воздушно-сухом состоянии)	Масса корма 2 г		Масса корма 5 г	
	объем раствора золы, мл			
	разведение раствора	общий объем раствора	разведение раствора	общий объем раствора
Сено, солома, силос, трава, корнеклубнеплоды	Без разведения	100	10 мл (до 25)	250
Зерно злаковое и бобовое	25 мл до 50 или без разведения	200 100	10 мл (до 50)	500
Жмыхи, шроты, отруби, дрожжи, комбикорма	10 мл (до 100)	1000	5 мл (до 100)	2 000
Мука рыбная, мясо-костная	2 мл (до 100)	5000	2,5 мл (до 250)	10 000

Примечание. Для колориметрического определения фосфора берут до 2 мл разведенного раствора золы корма.

Реактивы, посуда, оборудование. *Реактивы.* Основной эталонный стандартный раствор фосфора (4,393 г химически чистого однозамещенного фосфата калия — KH_2PO_4, предварительно высушенного в эксикаторе над серной кислотой до постоянного веса, растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе (на 1 л), к готовому раствору прибавляют 5 мл хлороформа.

Рабочий стандартный раствор с содержанием 0,01 мг фосфора в 1 мл (основной раствор разводят в 100 раз в день анализа).

5%-ный раствор молибденовокислого аммония (готовят два рас-

твора: 25 г молибденовокислого аммония растворяют в 300 мл дистиллированной воды и фильтруют; в другой колбе к 125 мл дистиллированной воды приливают 75 мл концентрированной серной кислоты; оба раствора смешивают, охлаждают и доводят объем до 500 мл дистиллированной водой).

20%-ный раствор сульфита натрия (готовят из сухой безводной соли на 7—10 дней, хранят в хорошо закрытой склянке).

1%-ный раствор гидрохинона (водный + 1 капля концентрированной серной кислоты).

Содово-сернистый раствор (для его приготовления берут 20 мл 20%-ного раствора сульфита натрия и соединяют со 100 мл 20%-ного раствора углекислого натрия, перед употреблением фильтруют; так как раствор не стоек, его готовят в небольшом количестве). Сернистокислый натрий и углекислый натрий готовят из сухих безводных солей раздельно. Смешивают перед работой в нужном количестве.

0,50%-ный амидол (на 5%-ном растворе сульфита натрия).

Посуда: мерные колбы на 100 мл; мерные пипетки на 1, 2, 5 и 10 мл; бюретки на 25 и 50 мл.

Оборудование. Фотоэлектроколориметры или визуальный колориметр.

Ход определения. Берут мерные колбы на 100 мл. В колбочки, предназначенные для стандартных растворов фосфора, из пипетки наливают по 2 мл, 5 и 10 мл рабочего раствора фосфора (0,02, 0,05, 0,10 мг фосфора);

Для приготовления «нулевого раствора» в две колбочки берут по 50 мл дистиллированной воды. В колбочки для испытуемых проб кормов приливают раствор золы (табл. 42).

Во все колбы до половины объема добавляют дистиллированную воду и по 2,5 мл раствора молибденовокислого аммония; раствор в колбах перемешивают. Через 5 мин вносят по 2,5 мл раствора сульфита натрия. Растворы смешивают и через 10 мин добавляют по 2 мл раствора гидрохинона. Снова тщательно перемешивают. Доводят объем в колбах до 100 мл, тщательно перемешивают и оставляют на 16—24 ч.

Проводят колориметрию растворов, окрашенных в синий (голубой) цвет. Сравнение интенсивности окраски испытуемого и стандартного растворов проводят в колориметре типа Дюбоска или в фотоколориметрах марок ФЭК-М, ФЭК-Н и др.

Вместо раствора сульфита натрия можно использовать содово-сернистый раствор, который осторожно по стенке приливают в колбочки (по 5 мл) после раствора гидрохинона. Содержимое колбочек перемешивают осторожно несколько раз до прекращения вспенивания раствора.

Вместо сульфита натрия и гидрохинона используют также смесь из 0,5%-ного раствора амидола, приготовленного на 5%-ном растворе сульфита натрия (по 2,5 мл) (при использовании содово-сернистого раствора или амидола колориметрию окрашенных растворов можно проводить через 60 мин).

Содержание фосфора в корме при сжигании методом сухого озоления и использовании колориметра типа Дюбоска рассчитывают по формуле

$$x = \frac{C \cdot H_{ст} \cdot V \cdot P}{H_x \cdot V_1 \cdot a},$$

где x — содержание фосфора в исследуемом корме, мг/г (г/кг); C — количество фосфора в стандартном растворе, мг; $H_{ст}$ — высота стояния стандартного раствора в стаканчике колориметра, установленная по шкале; H_x — высота стояния испытуемого раствора; V — общий объем раствора золы после разведения; V_1 — объем раствора золы, взятой для колориметрического определения фосфора; a — навеска корма, г; P — разведение подготовленного для колориметрии окрашенного раствора.

Разводить подготовленный к колориметрии испытуемый раствор следует только в случае значительной разницы в интенсивности окраски между испытуемым и стандартным растворами.

Пример. Если объем стандартного раствора фосфора 100 мл, а объем испытуемого (окрашенного) раствора золы корма перед колориметрией 200 мл, то P равно 2 (200 мл : 100 мл). Чаще всего P равняется 1 (100 мл : 100 мл).

Особенности определения фосфора при использовании фотоэлектроколориметра. Для построения калибровочной кривой на фосфор в мерные колбы на 100 мл берут 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 и 15 мл стандартного рабочего раствора фосфора (в 1 мл содержится 0,01 мг фосфора).

Далее добавляют так же, как и при определении фосфора в кормах, растворы молибденовокислого аммония, сульфита натрия и гидрохинона (или амидол и содово-сернистый раствор).

Объем содержимого доводят до 100 мл, оставляют на 16—24 ч и колориметрируют с красным светофильтром. Используют стаканчики с толщиной просвечивающего слоя 30 мм.

Для построения шкалы колориметрическое определение фосфора в стандартных растворах проводят 3—4 раза в разные дни с одними и теми же реактивами. Затем вычерчивают график.

По горизонтали располагают данные о концентрации фосфора (мг, или мкг), по вертикали — показатели колориметра. Нуль прибора электрофотоколориметра устанавливают по раствору с водой и реактивами (нулевой раствор без фосфора).

С каждой партией анализируемых проб корма целесообразно готовить три стандартных раствора фосфора (0,02; 0,05 и 0,10 мг) для построения переменной или контрольной шкалы на P и для вычисления поправочного коэффициента K.

Колориметрируют раствор и записывают показания шкалы фотоколориметра. По калибровочной кривой находят количество фосфора (мг), соответствующее показаниям шкалы фотоколориметра.

Количество фосфора в кормах при сухом озолении определяют по формуле

$$x = \frac{C \cdot V \cdot P \cdot K}{V_1 \cdot a},$$

где x — содержание фосфора в 1 г корма, мг; C — количество фосфора в анализируемом растворе золы, установленное по калибровочной кривой в соответствии с показателями фотоколориметра, мг; V — общий объем раствора золы после разведения, мл; V_1 — объем раствора золы, взятый для колориметрического определения фосфора, м; P — разведение подготовленного к колориметрии окрашенного раствора золы (по сравнению со стандартным раствором, объем которого равен 100 мл); a — масса корма, г; K — поправочный

коэффициент на показания ранее подготовленной стандартной шкалы на P (его применяют при расчетах, если имеются расхождения с калибровочной кривой, а не вычерчивают новый график — переменную шкалу).

Коэффициент K рассчитывают по отношению суммы фактических концентраций фосфора в приготовленных стандартных растворах к сумме концентрации фосфора, определенных по показаниям электрофотоколориметра и ранее подготовленной стандартной шкале на фосфор.

Пример:

$$K = \frac{0{,}170 \text{ мг } P\ (0{,}02 + 0{,}05 + 0{,}100 \text{ мг})}{0{,}200 \text{ мг } (0{,}024 + 0{,}058 + 0{,}118)} = 0{,}85.$$

Ванадо-молибдатный метод определения фосфора (из растворов золы). Метод основан на образовании в кислой среде фосфорно-ванадо-молибдатного комплекса желтого цвета. При концентрации фосфора 1—20 мкг/мл (0,001—0,020 мг/мл) интенсивность окраски пропорциональна содержанию элемента. Реакцию следует проводить в растворе азотной кислоты 0,5—0,9 н. (до 1,5 н.). Максимальное светопоглощение наблюдается в ультрафиолетовой области спектра при 315 нм. Определение фосфора проводят в области 460—500 нм, используя синий светофильтр. Окраска устойчива около 48 ч.

Реактивы, посуда, оборудование. *Реактивы.* Кислота азотная концентрированная; азотная разведенная кислота (1 : 2) — один объем концентрированной HNO_3 разводят двумя объемами дистиллированной воды (раствор 1); аммоний ванадиевокислый-мета (ГОСТ 9336—60); 0,25%-ный раствор ванадиевокислого аммония (для приготовления берут 2,5 г соли и растворяют в кипящей дистиллированной воде, охлаждают, добавляют 20 мл концентрированной азотной кислоты, доводят объем раствора дистиллированной водой до 1 л) (раствор 2).

Раствор молибденовокислого аммония — 5%-ный (для его приготовления берут 50 г соли, растворяют в горячей дистиллированной воде, охлаждают и доводят объем водой до 1 л) (раствор 3); реагирующая смесь (растворы 1, 2 и 3 смешивают в отношении 1 : 1 : 1; может храниться в темном прохладном месте до 6 мес); запасной стандартный раствор форфора (4,393 г KH_2PO_4 х. ч. растворяют в мерной колбе вместимостью 1000 мл в дистиллированной воде и доводят объем до метки; в 1 мл запасного раствора содержится 1 мг фосфора).

Этот раствор служит исходным для приготовления шкалы стандартных растворов.

Для приготовления шкалы стандартных растворов в мерные колбы на 500 мл отбирают определенные количества запасного стандартного раствора (табл. 43).

Посуда. Мерные колбы на 50, 100, 500 и 1000 мл (ГОСТ 1770—74); мерные пипетки на 5, 10, 15 и 20 мл (ГОСТ 202-92—74); мерные цилиндры на 1000 мл (ГОСТ 1770—74).

Оборудование. Фотоэлектроколориметр, электроплитка с закрытой спиралью.

Ход определения. Из стандартных растворов 1, 3, 5 и 7 пипеткой с резиновым баллончиком или шприцем-дозатором берут по 25 мл и переносят в конические или мерные колбочки (при построении градуировочного графика используют все 8 растворов); в

43. Шкала стандартных растворов

Показатели	Номер колбы								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Объем запасного стандартного раствора (в 1 мл 1 мг фосфора)	0	1	2	3	4	6	8	10	16
Содержание фосфора в 500 мл стандартного раствора, мг	0	1	2	3	4	6	8	10	16
Содержание фосфора в 25 мл стандартного раствора, взятого для колориметрического определения, мг	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,80

Примечание. В каждую колбу добавляют по 5 мл 20%-ного раствора HCl, доводят дистиллированной водой до 500 мл и перемешивают.

колбочки, предназначенные для анализируемых проб кормов, приливают пипеткой с баллончиком по 5—10 (при навеске корма 5 г) или 25 мл (при навеске 1—2 г) раствора золы (при объеме раствора золы 5—10 мл добавляют по 5—7 капель 10%-ной HCl и 20—15 мл воды). Одновременно проводят холостое определение в растворе, полученном при обработке тигля без золы корма.

В колбочки со стандартными и испытуемыми растворами добавляют по 5 мл раствора азотной кислоты 1 : 2 (раствор 1); ставят их на плитку, доводят растворы до кипения и затем охлаждают.

Во все колбы вносят по 15 мл реагирующей смеси, взбалтывают, доводят объем до метки дистиллированной водой (или сначала переливают из конической колбочки в мерную, обмывают 10—20 мл воды). Растворы в мерных колбочках перемешивают и оставляют на 30 мин.

Фотометрируют, используя синий светофильтр с максимумом пропускания 450—500 нм и кюветы с толщиной просвечивающего слоя 20—30 мм.

Раствором сравнения служит нулевой раствор шкалы.

Содержание фосфора в анализируемом растворе золы корма определяют по градуировочному графику, построенному по результатам фотометрирования стандартных растворов шкалы. На графике на оси абсцисс откладывают содержание фосфора во всем объеме (50 мл) стандартных растворов шкалы, подготовленных к фотометрии, на оси ординат — оптическую плотность. Калибровочная шкала проверяется для каждой новой партии испытуемых растворов.

Количество фосфора рассчитывают по формуле

$$x = \frac{C \cdot V}{V_1 \cdot a} \text{ или } x = \frac{(C - B) \cdot V}{V_1 \cdot a},$$

где x — содержание фосфора, мг/г корма; C — количество фосфора в анализируемом объеме (50 мл колориметрируемого окра-

шенного раствора), установленное по калибровочной кривой в соответствии с показателями фотоколориметра, мг; B — содержание фосфора, найденное по графику, в объеме холостого раствора, взятом для анализа; V — общий объем раствора золы, мл; V_1 — объем раствора золы, взятый для определения, мл; a — масса корма, г.

Определение фосфора в минерализате корма. Для определения фосфора в минерализате, полученном в результате применения мокрого озоления корма концентрированной серной кислотой, используют колориметрические методы (ванадо-молибдатный и другие).

Следует также учитывать, что при колориметрическом определении фосфора в виде фосфорно-молибденовой гетерополикислоты и использовании в качестве восстановителей амидола гидрохинона, эйконогена, сульфита натрия образуется комплексное соединение синего цвета, на интенсивность окраски которого влияет кислотность раствора. Исходные растворы, полученные в процессе мокрого озоления с серной кислотой, рекомендуется разводить дистиллированной водой в 4—5 раз или нейтрализовать серную кислоту щелочью. Для этого часть исходного раствора (10—25 мл) нейтрализуют 20%-ным раствором NaOH в присутствии фенолфталеина. Если выпадет осадок, его растворяют несколькими каплями 5%-ной соляной кислоты. Объем жидкости в колбе доводят до метки и перемешивают. При расчетах содержания фосфора учитывают общий объем раствора золы корма.

Подготовка калибровочной шкалы. Для приготовления шкалы стандартных растворов используют основной запасной раствор фосфора, содержащий в 1 мл 1 мг фосфора и 1,26 мг калия (запасной стандартный раствор 1).

Из него приготавливают рабочий стандартный раствор фосфора, содержащий 0,2 мг элемента в 1 мл (стандартный раствор 2). Для этого в 500 мл колбу отбирают 100 мл основного запасного раствора фосфора и доводят объем до метки дистиллированной водой.

В колбы на 100 мл, предназначенные для приготовления шкалы стандартных растворов фосфора, отбирают пипеткой с резиновым баллончиком определенные объемы рабочего стандартного раствора 2 (табл. 44).

44. Калибровочная шкала на фосфор

Колба	Объем рабочего стандартного раствора, мл	Содержание фосфора в стандартных растворах, мг		
		в 100 мл	в 1 мл	в 25 мл раствора для приготовления шкалы
0	0	0	0	0
1	1	0,20	0,002	0,05
2	2	0,40	0,004	0,10
3	3	0,60	0,006	0,15
4	4	0,80	0,008	0,20
5	5	1,00	0,010	0,25
6	6	1,20	0,012	0,30
7	7	1,40	0,014	0,35
8	8	1,60	0,016	0,40
9	9	1,80	0,018	0,45
10	10	2,00	0,020	0,50
16	16	3,2	0,032	0,80

В каждую колбу со стандартным раствором фосфора наливают до половины объема дистиллированную воду и добавляют по 3 мл концентрированной серной кислоты с селеном.

В конические колбочки или химические стаканы отбирают пипеткой с баллончиком или шприцем-дозатором по 25 мл стандартных растворов, содержащих известное количество фосфора.

Дозатором прибавляют по 15 мл реагирующей смеси, растворы перемешивают и оставляют на 1 ч.

На фотоколориметре проводят измерение оптической плотности, используя синий светофильтр и кювету с толщиной просвечивающего слоя 20—30 мм. Раствором сравнения служит нулевой раствор шкалы.

Строят градуировочный график, на котором на оси абсцисс откладывают содержание фосфора в стандартных растворах, на оси ординат — показатели оптической плотности.

Ход определения. В конические колбочки на 100 мл отбирают пипеткой или шприцем-дозатором для проверки шкалы по 25 мл растворов 1, 3, 6 и 9. В колбочки, предназначенные для анализируемых проб, берут дозатором или пипеткой с резиновым баллончиком по 25 мл минерализата кормов. 25 мл раствора минерализата берут из нулевой колбы без пробы (холостое определение).

В колбочки с минерализатом кормов, образцовыми растворами фосфора и в холостую пробу прибавляют дозатором по 15 мл реагирующей смеси, взбалтывают и оставляют на 1 ч.

На фотоколориметре проводят измерение оптической плотности растворов, окрашенных в желтый цвет, вследствие образования фосфорно-ванадо-молибдатного комплекса. Используют синий светофильтр и кюветы с толщиной просвечивающего слоя 20—30 мм.

По градуировочному графику находят концентрацию фосфора в испытуемых растворах, взятых на анализ и в холостой пробе (проверка чистоты реактивов на фосфор).

Содержание фосфора рассчитывают по формуле:

$$x = \frac{(a - K) \cdot V}{V_1 \cdot H},$$

где x — содержание фосфора в исследуемом корме, мг/г (г/кг); a — количество фосфора, найденное по градуировочному графику во взятом на анализ объеме минерализата корма, мг; K — количество фосфора в том же объеме контрольного (холостого) минерализата, установленное по градуировочному графику, мг; V — общий объем минерализата корма, мл; V_1 — объем минерализата корма, взятый для колориметрического определения фосфора — 25 мл; H — масса корма, г.

Если показатели фотометрии стандартных растворов, взятых для контроля, отличаются от показателей калибровочной шкалы, в расчеты вносят поправку (как указано выше).

ПЕРЕСЧЕТ ДАННЫХ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОРМОВ

Пересчет данных анализа на корм с полной влагой. Химический анализ кормов на содержание питательных веществ, как правило, проводят в корме в воздушно-сухом состоянии. Полученные данные химического анализа необходимо пересчитать на корм с полной влагой (на корм с той влажностью, которая имелась в условиях его

хранения в хозяйстве). При анализе корма без предварительного высушивания пересчет данных не проводят.

Для пересчета данных необходимо знать первоначальную влажность и содержание питательных веществ в воздушно-сухом корме в процентах.

Формула для пересчета

$$x = \frac{a \cdot (100 - B)}{100},$$

где x — содержание определяемого вещества в корме с полной влагой, %; a — содержание определяемого вещества в воздушно-сухом корме, %; B — первоначальная влажность анализируемого корма, %; $(100-B)$ — содержание воздушно-сухого вещества в 100 г корма с полной влагой.

Пример. Первоначальная влажность кукурузного силоса — 78,5%. Сырого протеина в воздушно-сухом веществе — 11,2%. Сколько будет сырого протеина в корме с полной влагой? Подставляем данные в формулу

$$x = \frac{11{,}2 \cdot (100 - 78{,}5)}{100} = 2{,}408\%.$$

Так же рассчитывают содержание всех питательных веществ и количество гигроскопической воды в корме с полной влагой.

Вычисление всей воды и сухого вещества в корме. Общее количество воды в корме находят путем суммирования количества первоначальной влаги в процентах и гигроскопической воды, содержащейся в 100 г корма с полной влагой.

Пример. Первоначальной влаги в кукурузном силосе — 78,5%, количество гигроскопической воды в воздушно-сухом корме — 8,4%. Количество гигроскопической воды в корме с полной влагой составит:

$$x = \frac{8{,}4\,(100 - 78{,}5)}{100} = 1{,}806\%.$$

Общее количество воды в силосе составит 80,306% (78,5+1,806). Сухое вещество определяют, вычитая из 100 общее количество воды в процентах (в данном примере 100—80,306=19,694%).

Пересчет данных анализа на абсолютно сухое вещество корма. Для сравнения полученных данных химического анализа кормов, выращенных в разных условиях, рассчитывают содержание веществ в абсолютно сухом корме по формуле:

$$x = \frac{a \cdot 100}{100 - \Gamma},$$

где x — количество вещества в абсолютно сухом корме, %; a — количество питательных веществ в воздушно-сухом корме, %; 100 — выражение в процентах; Г — количество гигроскопической воды в воздушно-сухом корме, %; $100 - \Gamma$ — содержание сухого вещества в 100 г воздушно-сухого корма.

Пример. Сырого протеина в воздушно-сухом корме — 11,2%, гигроскопической воды — 8,4%. Содержание протеина в абсолютно сухом корме составит

$$x = \frac{11{,}2 \cdot 100}{100 - 8{,}4} = 12{,}227\%.$$

Расчет питательности кормов в овсяных кормовых единицах

В справочной литературе содержание кормовых единиц в корме дается в средних величинах, что часто не соответствует действительной его питательности. Более точно питательность корма можно рассчитать, используя данные химического состава. Питательность корма этим методом рассчитывается в основном для жвачных животных. Вычисление питательности корма в овсяных кормовых единицах проводится следующим образом.

1. Выписывают содержание питательных веществ (белка, жира, клетчатки и БЭВ) в 1 кг корма по данным химического анализа.

2. Находят по справочной литературе* коэффициенты переваримости питательных веществ данного корма.

3. Определяют содержание переваримых питательных веществ путем умножения количества сырых питательных веществ, содержащихся в 1 кг корма, на коэффициент переваримости и деления произведения на 100.

4. Рассчитывают ожидаемое жироотложение от отдельных питательных веществ корма (табл. 45). Для этого найденное количество переваримых белка, жира, клетчатки и БЭВ умножают на соответствующий показатель «продуктивного действия» чистых питательных веществ (константы жироотложения), выведенные О. Кельнером.

45. Продуктивное действие чистых питательных веществ

Переваримые питательные вещества	Количество отложенного жира, г
1 г переваримого белка	0,235
1 г переваримого жира грубых кормов	0,474
1 г переваримого жира зерновых и продуктов их переработки	0,526
1 г переваримого жира семян масличных и жмыхов	0,598
1 г переваримого крахмала, клетчатки, БЭВ	0,248

5. Определяют общее ожидаемое жироотложение путем суммирования количества отложенного жира от всех питательных веществ.

6. Рассчитывают фактическое жироотложение при скармливании данного корма. Кельнером установлено несоответствие ожидаемого (рассчитанного по константам) и фактического (определенного на основании балансовых опытов) жироотложения и в связи с этим предложены поправки:

а) для зерновых кормов, отходов их переработки и корнеклубнеплодов коэффициенты относительной ценности переваримых веществ кормов. У этих кормов фактическое жироотложение определяют путем умножения суммированного ожидаемого жироотложения на коэффициент относительной ценности (табл. 46);

* Томмэ М. Ф. и др. Переваримость кормов. М.: Колос, 1970.

46. Коэффициенты относительной ценности кормов (по О. Кельнеру)

Корм	Коэффициент	Корм	Коэффициент
Картофель средний	1,00	Льняное семя	0,99
Морковь	0,87	Отруби пшеничные тонкие	0,79
Свекла кормовая	0,72		
Свекла сахарная	0,76	Отруби ржаные	0,76
Турнепс	0,78	Пивная дробина ячменная сухая	0,84
Жом из сахарной свеклы:		Барда ржаная свежая	0,87
свежий	0,94	Жмых льняной	0,97
сушеный	0,78	Жмых подсолнечниковый, рапсовый	0,95
Рожь, пшеница, овес (средние)	0,95		
Ячмень, горох, бобы (средние)	0,97	Жмых конопляный	0,89
		Шрот льняной обезжиренный	0,96
Кукуруза средняя	1,00		
Соя	0,98	Молоко, кровяная мука	1,00

б) для грубых кормов, трав и силоса несоответствие ожидаемого и фактического жироотложения связано в основном с содержанием в корме сырой клетчатки. Снижение жироотложения в расчете на 1 г сырой клетчатки при разном ее содержании в корме показано в таблице 47. При определении питательности грубых, зеленых и силосованных кормов величину снижения жироотложения рассчитывают путем умножения количества сырой клетчатки, содержащейся в 1 кг корма, на соответствующий коэффициент (табл. 47).

Фактическое жироотложение определяют по разности между ожидаемым жироотложением и величиной снижения жироотложения, обусловленного содержанием в корме клетчатки.

47. Снижение жироотложения грубых и зеленых кормов в зависимости от содержания в них сырой клетчатки

Корм	Содержание сырой клетчатки, %	Снижение жироотложений на 1 г сырой клетчатки, г
Сено, солома	Любое количество	0,143
Мякина	» »	0,072
Зеленый корм и силос	16 и более	0,143
То же	14—16	0,131
»	12—14	0,119
»	10—12	0,107
»	8—10	0,094
»	6—8	0,084
»	4—6	0,077
»	4 и менее	0,072

7. Определяют содержание кормовых единиц в корме. За кормовую единицу принята питательность 1 кг овса с продуктивным действием, равным 150 г жира. Для определения питательности корма в овсяных кормовых единицах фактическое количество отложенного жира делят на 150.

Примеры расчета питательности кормов в овсяных кормовых единицах показаны в таблицах 48 и 49.

48. Пример расчета питательности 1 кг лугового сена

Показатели	Белок	Жир	Клетчатка	БЭВ
Содержание питательных веществ в 1 кг корма по данным химического анализа, г	76	26	256	397
Коэффициенты переваримости, %	48	46	50	60
Содержание переваримых питательных веществ, г	$\frac{76\cdot48}{100}=36,48$	$\frac{26\cdot46}{100}=11,96$	$\frac{256\cdot50}{100}=128,00$	$\frac{397\cdot60}{100}=238,20$
Константы жироотложения (на 1 г переваримых питательных веществ)	0,235	0,474	0,248	0,248
Ожидаемое жироотложение, г	8,57	5,67	31,74	59,07

Суммированное ожидаемое жироотложение 1 кг сена:
8,57+5,67+31,74+59,07=105,05 г.

Рассчитывают снижение жироотложения. Из таблицы 47 следует, что 1 г сырой клетчатки сена снижает жироотложение на 0,143 г. В нашем примере в 1 кг лугового сена содержится 256 г сырой клетчатки. Следовательно, жироотложение будет снижено на 36,61 г (256×0,143). Фактическое жироотложение составит 68,44 г (105,05—36,61).

Определяют питательность сена согласно пропорции:

1 корм. ед.—150 г жира
x корм. ед.—68,44 г жира

$$x=\frac{68,44\cdot1}{150}=0,456 \text{ корм. ед.}$$

Суммированное ожидаемое жироотложение 1 кг овса (табл. 49):
16,97+17,90+6,63+115,91=156,51 г.

Для расчета фактического жироотложения в таблице 46 находят коэффициент полноценности овса (0,95). Затем суммированное ожидаемое жироотложение умножают на этот коэффициент (в данном примере 156,51·0,95=148,68 г).

Определяют питательность овса согласно пропорции:

1 корм. ед.—150 г жира
x корм. ед.—148,68 г жира

$$x=\frac{148,68\cdot1}{150}=0,99 \text{ корм. ед.}$$

49. Пример расчета питательности 1 кг овса

Показатели	Белок	Жир	Клетчатка	БЭВ
Содержание питательных веществ в 1 кг корма по данным химического анализа, г	95	41	99	587
Коэффициенты переваримости, %	76	83	27	79
Содержание переваримых питательных веществ, г	$\frac{95\cdot76}{100}$ = 72,20	$\frac{41\cdot83}{100}$ = 34,03	$\frac{99\cdot27}{100}$ =26,73	$\frac{587\cdot79}{100}$ =463,73
Константы жироотложения (на 1 г переваримых питательных веществ, г)	0,235	0,526	0,248	0,248
Ожидаемое жироотложение, г	16,97	17,90	6,63	115,01

Расчет питательности кормов в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ)

Оценка энергетической (общей) питательности кормов в овсяных кормовых единицах имеет методологические недостатки, которые были вскрыты в 1963 г. на пленуме Отделения животноводства ВАСХНИЛ. Пленум рекомендовал оценивать питательность кормов по количеству обменной (физиологически полезной) энергии. При этом оценивать питательность кормов предложено в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ).

Одна ЭКЕ равна 2500 ккал или 10473 кДж (1 ккал = 4,186 кДж) обменной энергии. В проекте по методам оценки питательности кормов предложена ЭКЕ, равная 10 000 кДж (10 МДж обменной энергии).

Обменная энергия определяется по разности между валовой энергией корма и потерями энергии в кале, моче, а для жвачных животных и в кишечных газах. У свиней и птицы потери энергии с кишечными газами незначительны, поэтому их в расчет не принимают.

Количество обменной энергии в корме или рационе можно вычислить на основании данных о содержании переваримых питательных веществ. Известно, что 1 г суммы переваримых питательных веществ (СППВ) соответствует 18,46 кДж (4,41 ккал) переваримой энергии.

Соотношение между энергией переваримых веществ и обменной считается постоянным (для жвачных — 0,84, для свиней — 0,96).

50. Пример расчета энергетической питательности 1 кг клеверо-тимофеечного сена в ЭКЕ для коров

Показатели	Протеин	Жир	Клетчатка	БЭВ
Содержание питательных веществ в 1 кг сена по данным химического анализа, г	96	23	259	396
Коэффициент переваримости, %	54	50	49	63
Количество переваримых питательных веществ, г	$\frac{96\cdot54}{100}$ =51,84	$\frac{23\cdot50}{100}$ = 11,50	$\frac{259\cdot49}{100}$ =126,91	$\frac{396\cdot63}{100}$ = 249,48

СППВ равна 51,84 + (11,50·2,25)* + 126,91 + 249,48 = 454,11 г.

Энергия СППВ 1 кг клеверо-тимофеечного сена составит: 8382,87 кДж (454,11·18,46).

Умножив количество энергии СППВ на 0,84, получим содержание обменной энергии в корме. В данном примере: 8382,87·0,84 = = 7041,61 кДж.

Для определения содержания ЭКЕ в данном корме составляют пропорцию:

1 ЭКЕ — 10473 кДж

x — 7041,61 кДж

$$x = \frac{7041,61}{10473} = 0,67 \text{ ЭКЕ}.$$

В случае, если за 1 ЭКЕ будет принято 10 000 кДж, то питательность 1 кг сена составит 0,70 ЭКЕ (7041,61 : 10 000). Количество обменной энергии в корме можно вычислить другим методом — для крупного рогатого скота использовать коэффициенты, предложенные Ж. Аксельсоном, для кур — Х. У. Титусом.

Расчет содержания переваримого протеина. При составлении рационов и контроле полноценности кормления сельскохозяйственных животных, включая птицу, в хозяйствах необходимо пользоваться данными химического анализа кормов, полученными в лаборатории. В рационах животных нормируют переваримый протеин. Поэтому при составлении рационов, а также при их анализе сырой протеин необходимо пересчитать в переваримый, пользуясь коэффициентом переваримости.

Коэффициенты переваримости питательных веществ некоторых кормов, установленные в опытах на жвачных животных, даны в приложениях.

Пример пересчета сырого протеина в переваримый.

В силосе кукурузном содержится 2,5% сырого протеина, коэффициент его переваримости 60%.

Количество переваримого протеина будет равно

$$x = \frac{2,5\cdot60}{100} = 1,5\% \text{ (15 г в 1 кг силоса)}.$$

* Калорийность жира в 2,25 раза выше калорийности углеводов.

Методика расчета энергетической питательности зеленых, сочных, грубых и концентрированных кормов по содержанию сухого вещества и поправочным коэффициентом

Для ориентировочного определения энергетической питательности кормов в овсяных кормовых единицах можно использовать экспресс-метод.

Расчет содержания кормовых единиц в зеленых, сочных и грубых кормах проводят по следующей формуле:

$$П = \frac{СВ \cdot К}{100},$$

где П — питательность 1 кг корма в кормовых единицах; СВ — сухое вещество, %; К — поправочный коэффициент (табл. 51).

Пример. В 1 кг зеленой массы клевера красного, содержащей 25% сухого вещества, учитывая поправочный коэффициент 0,85, питательность составит

$$П = \frac{(25 \cdot 0,85)}{100} = 0,21 \text{ корм. ед.}$$

51. Поправочные коэффициенты для расчета овсяных кормовых единиц по содержанию в корме сухого вещества
(данные Н. И. Белоносова, С. Я. Калмансона, Е. Г. Коноплева, Л. Г. Боярского, А. П. Дмитроченко, Е. А. Петуховой и др.)

Вид корма	Коэффициент	Вид корма	Коэффициент
Трава лугов и пастбищ			
Болотная	0,60	Культурного пастбища	0,80
Заливного луга	0,80	Лесного пастбища	0,70
Клеверного пастбища	0,85	Луговая	0,70
Клеверо-тимофеечного пастбища	0,80	Суходольного пастбища	0,80
Трава злаковых			
Ежа сборная	0,75	Просо	0,90
Житняк	0,60	Пшеница озимая зеленая	0,75
Канареечник	0,70	Райграс	0,75
Костер безостый	0,65	Рожь озимая	0,85
Кукуруза зеленая	1,00	Суданка	0,90
Мятлик луговой	0,70	Сорго	0,90
Могар	0,70	Тимофеевка	0,80
Овес зеленый	0,80	Ячмень зеленый	0,80
Овсяница луговая	0,75	Чумиза	0,70
		Смесь злаковых трав (посевных)	0,65

Продолжение

Вид корма	Коэффициент	Вид корма	Коэффициент
Трава бобовая и злаково-бобовых мешанок			
Бобы кормовые	0,75	Люпин	0,85
Вика	0,80	Эспарцет	0,85
Горох	0,85	Вико-овсяная смесь	0,80
Донник белый	0,80	Горох+овес	0,80
Клевер красный и отава клеверная	0,85	Клевер+тимофеевка	0,80
Люцерна	0,80	Люцерна+тимофеевка	0,70
Ботва			
Брюквы	0,85	Свеклы сахарной	0,90
Картофельная	0,60	Турнепса	0,80
Моркови	0,85	Капустный лист	0,90
Свеклы кормовой	0,85	Капуста кормовая	1,00
Сено			
Сено злаковое (разное) и злаково-разнотравное, убранное в фазе до начала цветения (хорошее)	0,62	Люцерновое в фазе бутонизации и начала цветения	0,60
		Люцерновое (цветение полное)	0,50
Сено злаковое и злаково-разнотравное в фазе цветения (хорошее)	0,55	Люцерновое (созревание плодов)	0,35
Сено злаковое и злаково-разнотравное (отцветание и созревание семян)	0,49	Бобово-злаковое в фазе бутонизации и начала цветения, хорошее (в том числе при досушивании активным вентилировании)	0,70
Клеверное в фазе бутонизации и из отавы (очень хорошее)	0,73	Бобово-злаковое в фазе полного цветения	0,58
Клеверное в фазе цветения (хорошее)	0,65	Бобово-злаковое при сушке на вешалах	0,60
Клеверное (полевая сушка — среднее)	0,50	Бобово-злаковое в фазе плодоношения	0,50
Солома			
Овсяная	0,35	Пшеничная	0,23

Продолжение

Вид корма	Коэффициент	Вид корма	Коэффициент
Силос			
Кукурузный	0,90	Ржи зеленой	0,70
Гороховый	0,70	Картофельный	1,40
Клеверный	0,80	Ботвы картофельной	0,45
Капусты кормовой и капустного листа	0,90	Вико-овсяный	0,70—0,75
Подсолнечный	0,70	Горохово-овсяный	0,65
Бобово-злаковый	0,70	Злаково-разнотравный	0,70
Клеверо-тимофеечный	0,80	Отавно-клеверо-тимофеечный	0,70
Разнотравный	0,70		
Ботвы корнеплодов	0,70	Травы луговой	0,70
		Комбинированный с корнеплодами	1,0
Сенаж			
Из смеси многолетних трав в ранней фазе вегетации	0,75	Из клевера в фазе полного цветения	0,75
Из смеси многолетних трав в поздних фазах вегетации	0,70	Из клевера в фазе конца цветения	0,70
		Из люцерны	0,80
Из злаковой травосмеси в поздних фазах вегетации	0,63	Из вики с овсом в ранней фазе вегетации	0,80
		Из вики с овсом в поздней фазе вегетации	0,70
Из клевера в фазе бутонизации — начало цветения	0,80	Из гороха с овсом	0,67
Корнеклубнеплоды и бахчевые			
Брюква и куузику	1,05	Свекла полусахарная	1,00
Картофель	1,40	Свекла сахарная	1,05
Клубни топинамбура	1,20	Турнепс	0,95
Клубни батата	1,25	Репа кормовая	0,95
Морковь кормовая	1,20	Арбуз кормовой	1,30
Свекла кормовая	0,95	Кабачки	0,95
		Тыква кормовая	1,25
Барда			
Зерновая	0,90	Картофельная	0,70
		Паточная	0,50

Продолжение

Вид корма	Коэффициент	Вид корма	Коэффициент
Жом			
Жом свежий	1,00	Пивная дробина	0,90
Жом кислый	0,80	Мезга картофельная	1,10
Пищевые отходы и кормосмеси на их основе для свиней			
Пищевые отходы с содержанием 15—28% сухого вещества	1,190	Кормосмеси из пищевых отходов и комбикорма с содержанием 11—22% сухого вещества:	
		в весенне-летний период	1,077
		в осенне-зимний период	1,134

Расчет энергетической питательности концентрированных кормов с учетом содержания сухого вещества. Для расчета используют формулу

$$П = А \cdot \frac{B}{C},$$

где П — питательность 1 кг корма (с учетом фактического содержания воды), корм. ед.; А — содержание кормовых единиц в 1 кг корма с известной влажностью, установленное по табличным данным (книга «Корма СССР»); В — фактическое содержание сухого вещества в корме по данным химического анализа, %; С — содержание сухого вещества (согласно таблицам химического состава и питательности кормов), соответствующее определенной энергетической питательности, %.

Пример. По табличным данным в зерне ячменя содержится 1,13 корм. ед/кг при 15% влаги. Фактическая влажность корма в хозяйстве равна 20%. Следовательно, питательность 1 кг такого зерна составит 1,06 корм. ед.

$$П = 1{,}13 \cdot \frac{(100 - 20)}{(100 - 15)}.$$

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИТАМИНОВ

Определение каротина и витамина А в кормах, биологических объектах и препаратах

Каротин — предшественник витамина А. Поступая с кормом в организм животных, он превращается в витамин А и участвует в многообразных обменных процессах.

Основные источники каротина для животных — зеленый корм, силос, сенаж, сено, травяная мука и резка, из корнеплодов и бахчевых культур — морковь и желтые сорта тыквы.

Молодые животные до 3-недельного возраста не способны превращать каротин в витамин А. Поэтому они нуждаются непосредственно в витамине А, который и должны получать с молозивом и молоком.

При недостатке в хозяйстве витаминных кормов, или их невысоком качестве, молодняку животных скармливают препараты витаминов (в сыпучей форме или в виде масляных растворов), а также корма, обогащенные этим витамином (заменители молока, комбикорма).

Для контроля за обеспеченностью животных витамином А следует определять содержание каротина в натуральных кормах; содержание витамина А в препаратах и комбикормах, обогащенных этим витамином. Для большего представления о степени обеспеченности животных витамином А необходимо исследовать на его содержание молоко, молозиво, сыворотку крови, печень и желток яиц, так как использование каротина кормов отдельными животными колеблется в широких пределах.

Определение каротина в кормах (по методу ВИЖ)

Сущность метода. В зоотехнической практике для определения каротина используется его способность растворяться в органических растворителях (бензин, серный и петролейный эфиры) и придавать им желтую окраску.

Ввиду того что наряду с каротином в раствор переходят другие пигменты (хлорофилл, ксантофилл и др.), их отделяют с помощью хроматографической адсорбции.

Очищенный от сопутствующих пигментов экстракт каротина колориметрируют со стандартным раствором кристаллического каротина. Однако чаще для приготовления стандартной шкалы, используют раствор двухромовокислого калия или азобензола. Измерение оптической плотности проводят на фотоколориметре при синем светофильтре (450 нм).

Приборы и посуда. Измельчитель проб растений, мельница, спектрофотометр или фотоэлектроколориметр, весы технохимические, водоструйный насос, трубки Аллина, фарфоровая ступка с пестиком, колба Бунзена, мерный цилиндр, пробирки химические из бесцветного стекла, бюретка на 50 мл.

Реактивы: калий двухромовокислый (безводный), х. ч.; азобензол, ч.; натрий сернокислый (безводный) ч. д. а.; окись алюминия (влажность 10—12%); бензин авиационный Б-70; кварцевый песок (хорошо отмытый) или измельченное стекло.

Подготовка к анализу. Построение калибровочной кривой синтетического β-каротина для ФЭК-м (методика Всесоюзного научно-исследовательского витаминного института). Навеску в 10 мг синтетического β-каротина помещают в мерную колбу на 100 мл, вносят 60—70 мл бензина Б-70. После растворения каротина раствор доводят до метки бензином. Получают раствор, в 1 мл которого содержится 100 мкг каротина. 10 мл этого раствора помещают в мерную колбу на 100 мл и доводят бензином до метки. В 1 мл полученного раствора содержится 10 мкг каротина. Из этого раствора готовят шкалу разведений (табл. 52).

52. Шкала разведений

Количество раствора, содержащего 10 мкг/мл каротина, вносимое в мерную колбу, мл	Объем мерной колбы, который доводится до метки бензином, мл	Концентрация каротина, мкг/мл	Экстинкция растворов, замеренная на колориметре
0,6	10	0,6	0,065
0,8	10	0,8	0,084
1,0	10	1,0	0,104
1,2	10	1,2	0,123
1,4	10	1,4	0,140
1,6	10	1,6	0,162
1,8	10	1,8	0,180
2,0	10	2,0	0,199

Приготовленные растворы измеряют на фотоколориметре с синим светофильтром в кювете с рабочим расстоянием 1 см. По полученным данным строят график зависимости показаний прибора от количества β-каротина в 1 мл раствора, при этом на оси абсцисс откладывают концентрацию каротина (мкг/мл), на оси ординат — показания прибора. Зная экстинкцию испытуемого раствора, по калибровочной кривой находят количество каротина (в микрограммах в 1 мл раствора) и рассчитывают содержание в анализируемом образце. В производственных условиях для приготовления стандартной шкалы используют растворы двухромокислого калия или азобензола.

Стандартный раствор азобензола. 145 мг азобензола растворяют в 1 л этилового спирта; 1 мл этого раствора по окраске соответствует 0,00235 мг каротина.

Стандартный раствор двухромовокислого калия. 720 мг бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$) растворяют в 1 л дистиллированной воды; 1 мл основного раствора соответствует по окраске 0,00416 мг каротина. Из основного раствора готовят шкалу рабочих растворов.

Приготовление хроматографической колонки. В трубку Аллина, в узкую часть ее, вставляют тампон гигроскопической ваты, на который насыпают адсорбент Al_2O_3 (влажность 10%) слоем 4—5 см. Трубку вставляют в пробку колбы Бунзена.

Проведение анализа. Пробу сена, сенажа, травяной резки измельчают ножницами на отрезки длиной не более 1,5 см, тщательно перемешивают, после чего из разных мест берут пробу массой до 100 г и размалывают в мельнице.

Травяную муку анализируют без предварительного измельчения. Затем из разных мест перемешанной пробы на технических весах берут навеску 1—3 г и более (в зависимости от предполагаемого содержания каротина), помещают в фарфоровую ступку и тщательно растирают с небольшим количеством (5—10 г) песка или измельченного стекла. Подготовленное вещество к анализу переносят в коническую колбу на 100—150 мл и заливают 20—25 мл бензина или петролейного эфира. Ступку обмывают несколько раз небольшими порциями растворителя, сливая его в ту же колбу, закрывают ее пробкой и оставляют на несколько часов (в темном месте), чтобы все каротиноиды перешли в раствор.

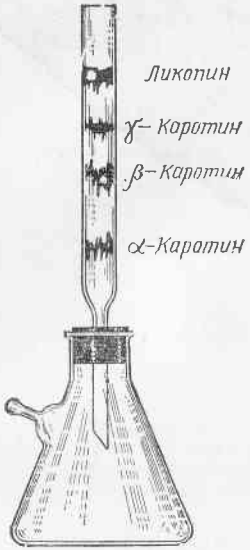


Рис. 3. Общий вид разделения пигментов в колонке.

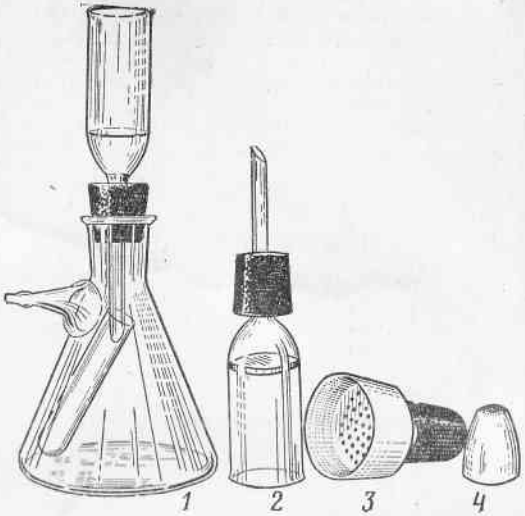


Рис. 4. Фильтры для экстрагирования:

1 — колба Бунзена; *2* — фильтр Шотта; *3* — воронка Бюхнера; *4* — тигель Гуча.

Сочные корма (зеленая масса, силос, морковь) хорошо измельчают, тщательно перемешивают и из разных мест берут навеску 3—5 г. Вещество переносят в фарфоровую ступку, куда добавляют измельченное стекло, 12—16 г сернокислого натрия (для обезвоживания растительной массы) и быстро растирают (каротин на воздухе легко окисляется). Последующий процесс исследования такой же, как с сухими кормами (рис. 3—4).

После настаивания раствор каротиноидов из колбы сливают в адсорбционную трубку. Перед пропусканием вытяжки через колонку следует предварительно пропустить небольшое количество растворителя. Адсорбцию проводят под слабым вакуумом. Осадок, оставшийся в колбе, вновь заливают небольшим количеством растворителя и переносят в адсорбционную колонку. Осадок и адсорбент промывают до тех пор, пока растворитель, вытекающий из трубки Аллина не станет бесцветным. По окончании адсорбции объем прошедшего через колонку раствора каротиноидов измеряют цилиндром и колориметрируют с синим светофильтром.

Расчет содержания каротина в корме проводят по калибровочному графику. В том случае, когда калибровочная кривая построена на основе синтетического каротина, расчет выполняют по формуле

$$x = \frac{K \cdot V \cdot 1000}{C},$$

где x — количество каротина корма, мкг/г или мг/кг корма; K — количество каротина в 1 мл раствора, найденное по калибровочной кривой; V — объем испытуемого раствора, мл; C — навеска корма, г; 1000 — коэффициент пересчета на 1 кг корма.

При пользовании стандартным раствором двухромовокислого калия содержание каротина вычисляют по формуле

$$x = \frac{a \cdot 0{,}00416 \cdot 1000}{C},$$

где a — эквивалентное количество исходного раствора, найденное по графику, мл; 0,00416 — коэффициент перевода 1 мл исходного раствора $K_2Cr_2O_7$ в эквивалентное количество мг каротина (для азобензола этот коэффициент равен 0,00235); C — навеска корма, г; 1000 — коэффициент пересчета на 1 кг корма.

Среди каротиноидов наибольшей биологической активностью обладает β-каротин. Биологическая активность других основных изомеров каротина — α, γ и криптоксантина — по отношению к β-каротину составляет 52—57% (В. М. Березовский, 1959).

В растительном материале на долю β-каротина приходится в траве около 75%, в красной моркови — 85%, в желтой кукурузе — 50% от суммарного содержания каротина (А. Р. Вальдман, 1977).

Определение витамина А в биологических объектах

Сущность метода определения витамина А состоит в выделении неомыляемой фракции содержащей его, и определении в ней витамина колориметрическим или спектрофотометрическим измерением.

Колориметрическое определение витамина А основано на его способности давать синее окрашивание с треххлористой сурьмой. На методы определения витамина А предусмотрен ГОСТ 7047—55. Спектрофотометрический метод основан на измерении степени поглощения света раствором при длине волны 325 нм.

Следует учесть, что в анализируемых объектах одновременно с витамином А содержатся каротиноиды, которые, как и витамин А, дают с треххлористой сурьмой аналогичную окраску. В результате этого содержание витамина А оказывается завышенным. Считают, что для точного определения содержания витамина А необходимо отделение его от каротиноидов (В. А. Девятнин, 1954; А. А. Дмитровский, В. С. Крюков, Т. М. Околелова, 1978).

Прямое спектрофотометрическое определение витамина А в неомыляемой фракции возможно лишь в тщательно очищенных от различных соединений растворах. Поэтому при количественном определении витамина А его следует отделять от этих соединений методом тонкослойной хроматографии или с использованием хроматографической колонки. Такая хроматография обеспечивает одновременное разделение ксантофиллов, витаминов А, Е и β-каротина.

Приборы. Спектрофотометры СФ-4, СФ-4а, СФ-16 и др.; фотоэлектроколориметр ФЭК-М или др.; кварцевая лампа ПРК-4; весы аналитические; водяная баня с терморегулятором; роторный испаритель; водоструйный насос; центрифуга; баллон стальной (с инертным газом и приспособлением для пускания газа); штативы.

Посуда. Колбы круглые плоскодонные для омыления; колбы со шлифом на 200 мл; колбы конические со шлифом на 150—200 мл;

воронки делительные цилиндрические на 500 мл; кристаллизатор (d — 40 см, h — 10—12 см); цилиндры мерные на 25, 100 и 250 мл; колбы мерные на 100 мл; пипетки на 1, 2, 5 и 10 мл; воронки химические (для фильтрования); колбы Бунзена; пластины стеклянные (размер 22×30 см); пробирки химические.

Реактивы. 60%-ный водный раствор КОН; 40%-ный водный раствор КОН; спирт этиловый (ректификат) и абсолютный; эфир диэтиловый, свободный от примесей; натрий сернокислый безводный (х. ч. или ч. д. а), пирогаллол (ч. д. а); петролейный эфир; 0,05%-ный спиртовой раствор фенолфталеина; окись алюминия для хроматографии; хлороформ (х. ч, ч. д. а); сурьма треххлористая; уксусный ангидрид (ч. д. а); бихромат калия.

Ход определения. Количественное определение витамина А в исследуемых образцах можно разделить на 4 операции: омыление образца; экстрагирование неомыляемой фракции; хроматографирование; колориметрирование или спектрофотометрирование.

Омыление и экстрагирование анализируемых образцов (молока, препаратов витамина А и др.) имеет ряд особенностей. Детальное описание процесса анализа образца приводится на примере исследования содержания витамина А в молоке.

Анализ рекомендуется проводить быстро, без перерывов между отдельными операциями, при слабом рассеянном свете. Омыление необходимо проводить в атмосфере азота или углекислого газа. Экстрагирование омыленного образца и дальнейшие исследования следует проводить в вытяжном шкафу.

При колориметрическом определении витамина А в образцах нужно предварительно строить калибровочный график из растворов чистого ацетата витамина А.

Подготовка к анализу. Построение калибровочной кривой при анализе витамина А (по А. А. Дмитровскому). Растворы для построения калибровочной кривой готовят из чистого ретинилацетата или из масляных концентрированных препаратов с точно определенной активностью.

Берут навеску ацетата витамина А, содержащую в расчете на чистое вещество 3,44 мг ретинилацетата, растворяют ее хлороформом в мерной колбе на 100 мл. Приготовленный основной раствор содержит в 1 мл 100 ИЕ витамина А. Затем готовят серию рабочих растворов. Для этого берут 8 колб или пробирок с притертыми пробками; в первую отмеряют 1 мл, во вторую — 2, третью — 3, четвертую — 4, пятую — 5, шестую — 7, седьмую — 9 и в восьмую — 10 мл основного раствора. Затем в каждую колбу (пробирку) доливают хлороформ до 10 мл. В результате 1 мл рабочего раствора с первой по восьмую колбу содержит 10, 20, 30, 40, 50, 70, 90 и 100 ИЕ витамина А.

Для построения калибровочной кривой при определении витамина А с треххлористой сурьмой в кювету фотоколориметра наливают 0,4 мл рабочего раствора из первой колбы и измеряют экстинкцию. Затем измеряют интенсивность окраски раствора из второй, третьей колбы и т. д.

При измерении экстинкции раствора из первой колбы в кювете содержится 4, из второй — 8, третьей — 12, четвертой — 16, пятой — 20, шестой — 28, седьмой — 36 и из восьмой — 40 ИЕ витамина А. Эти величины используют при построении калибровочного графика, откладывая их на оси абсцисс, а измеренные величины экстинкции — на оси ординат.

Определение витамина А и каротина в молоке и молозиве

Содержание витамина А в молоке и молозиве колеблется в широких границах и зависит в первую очередь от потребления каротина с кормами. 1 л зимнего молока содержит 0,20—0,30 мг витамина А, летнего — 0,40—0,80 мг. А-витаминная ценность молозива также зависит от обеспеченности коров каротиновым питанием в сухостойный период и колеблется по дням молозивного периода. Содержание витамина А в 1 л зимнего молозива первого удоя колеблется от 1,50 до 3,0 мг, летнего — от 2,50 до 7,00 мг. Содержание витамина А в молозиве на четвертый день после отела составляет в среднем 12—29% его концентрации в первый день. Это следует учитывать при отборе проб молозива для анализа.

Среднюю пробу молока берут во флаконы из темного стекла непосредственно после доения по общепринятому способу от всех доек или от одной в количестве 50 (летнее) или 100 мл (зимнего) (молозиво — 30 мл).

В пробу молока сразу после взятия приливают 60%-ный водный раствор едкого калия из расчета: на 50 мл молока — 20 мл раствора КОН, 100 мл молока — 50 мл, 30 мл молозива — 20 мл. Законсервированные щелочью пробы молока можно хранить в холодильнике в течение 3—5 дней.

Омыление проб молока. Пробу молока с раствором щелочи переносят из флакона в плоскодонную колбу на 500 мл, флакон дважды ополаскивают небольшими порциями дистиллированной воды (по 10 мл) и добавляют 10 мл этилового спирта и 100 мг пирогаллола (вместо пирогаллола можно использовать аскорбиновую кислоту в том же количестве).

Колбу с воздушным холодильником с веществом ставят в водяную баню и омыляют в течение 2—2,5 ч при 90—95° С. Для омыленного раствора характерны однородность жидкости темно-бурого цвета и запах мыла. После охлаждения в колбу с омыленным раствором добавляют 20 мл дистиллированной воды и 10 мл спирта.

Экстрагирование и обезвоживание неомыляемой фракции. Для экстракции используют две делительные воронки. Сначала в колбу с омыленным раствором добавляют 50 мл этилового эфира и осторожно смешивают, затем содержимое переносят в первую делительную воронку, после чего колбу ополаскивают небольшим количеством воды, которую сливают в ту же воронку. Раствору дают отстояться в течение 3—5 мин, после чего происходит расслоение на верхний — эфирный и нижний — щелочной слой. При неполном расслоении или появлении эмульсии в жидкость добавляют 10—15 мл спирта. Нижний слой сливают в колбу, в которой проводили омыление, добавляют 30—40 мл этилового эфира, смешивают и выливают во вторую делительную воронку.

После разделения слоев нижний сливают в колбу для омыления, верхний — в первую делительную воронку. Нижний слой затем экстрагируют дважды аналогичным образом.

Все эфирные экстракты объединяют в 1-й делительной воронке и добавляют 50—70 мл дистиллированной воды, осторожно встряхивают и после отделения воды нижний слой сливают. Промывание экстракта водой повторяют 4—5 раз, пока последняя порция промывных вод не будет нейтральной (проба на фенолфталеин).

Эфирный экстракт переливают в сухую колбу на 200 мл, в кото-

рую предварительно насыпают 15—20 г безводного сернокислого натрия. Делительную воронку ополаскивают 10—15 мл эфира и тоже сливают в колбу. Эфирный экстракт оставляют в темном шкафу в колбе на 1—2 ч. После этого его фильтруют в чистую колбу со шлифом на 200 мл. Оставшийся на дне сернокислый натрий промывают трижды диэтиловым эфиром по 15 мл.

Обезвоживание эфирного экстракта проводят путем фильтрования его через бумажный фильтр, на который помещают сернокислый натрий. Последний по окончании фильтрования промывают трижды небольшими порциями этилового эфира. Объем эфирного экстракта измеряют цилиндром. Учитывая, что в молоке, кроме витамина А, содержится каротин, а хроматография при анализе не применяется, обезвоженный эфирный экстракт делят на двое (в одной части определяют витамин А, в другой — каротин).

Колориметрическое определение витамина А в молоке

Сухой остаток неомыляемой фракции быстро растворяют в 1—2 мл хлороформа (при определении витамина в молозиве берут 2—3 мл) и тщательно перемешивают. Микропипеткой берут 0,4 мл этого раствора, переносят в сухую кювету с рабочим расстоянием 10 мм и ставят ее в колориметр. Затем в одну кювету добавляют 4 мл 23%-ного раствора треххлористой сурьмы в хлороформе, в другую — чистый хлороформ.

Экстинкцию измеряют при красном светофильтре (620 нм), через 5—10 с после добавления реактива. Каждое измерение проводят в двух-трех повторностях.

По данным экстинкции находят концентрацию витамина А по калибровочной кривой и рассчитывают содержание витамина А в анализируемом образце по формуле

$$A = \frac{x \cdot V \cdot 0{,}3 \cdot 1000}{0{,}4 \cdot C},$$

где A — концентрация витамина А, мкг/л; x — количество витамина А, найденное по калибровочной кривой, ИЕ; C — масса навески, г; 0,3 — коэффициент для перевода ИЕ в весовые единицы; 0,4 — количество хлороформного экстракта, взятого для цветной реакции; V — общий объем хлороформного раствора неомыляемой фракции, мл; 1000 — коэффициент для пересчета на 1 кг молока.

Колориметрическое определение каротина в молоке

Сухой остаток неомыляемой фракции сразу после отгонки эфира растворяют в 15—30 мл петролейного эфира для колориметрического определения каротина. Желтую окраску раствора сравнивают со стандартным раствором $K_2Cr_2O_7$ в колориметре при синем светофильтре.

Количество каротина вычисляют по формуле, приведенной в разделе определения каротина в кормах.

Определение витамина А в тех образцах (молоко, печень), где ему сопутствуют каротиноиды и другие примеси, проводят после

очистки с помощью хроматографии. Если образец не подвергался хроматографическому анализу перед определением витамина А (по Карр—Прайсу), его содержание рассматривают как суммарное количество витамина А и каротина.

Количество каротина в молоке по отношению к витамину А составляет 30—45% и более, но каротин дает окраску с треххлористой сурьмой во много раз слабее, чем витамин А.

Определение витамина А в печени

Содержание витамина А в печени рассматривается как показатель, отражающий степень обеспеченности организма этим витамином. Количество витамина А в печени зависит от вида животных, их возраста, условий кормления и др. Например, в печени коров к концу пастбищного сезона содержится 14—20 мг% витамина А, зимой при удовлетворительном поступлении каротина с кормом его запас составляет 8—10 мг%, а при недостатке каротина в рационе снижается до 6—1,5 мг%. Печень новорожденных телят содержит 0,1—0,5 мг% витамина А.

Ход определения. Среднюю пробу печени у жвачных животных (до 100 г) берут из одной и той же доли, тщательно измельчают или растирают в ступке. У птицы для анализа используют всю печень.

К навеске 2—5 г гомогенизированного образца печени, взятой в колбу для омыления, добавляют 10 мл 60%-ного раствора КОН и 30 мл этилового спирта, 100 мг пирогаллола. Омыляют на водяной бане при 80° С в течение 1,5—2 ч, периодически встряхивая колбу круговыми движениями.

После омыления содержимое колбы охлаждают под струей воды до комнатной температуры. В колбу с омыленным раствором добавляют 50 мл эфира, осторожно смешивают и переносят в первую делительную воронку для экстракции. В дальнейшем анализ проводят так же, как при определении витамина А в молоке.

Сухой остаток после отгона эфира растворяют в 3—5 мл хлороформа и колориметрируют. Если при колориметрировании окраска очень интенсивна, первоначальный хлороформный раствор разбавляют чистым хлороформом. В таком случае берут 1 мл испытуемого хлороформного раствора и к нему прибавляют 4—5—10 мл хлороформа, а при подсчете количества витамина А учитывают степень разведения, т. е. объем всего хлороформа, взятого на растворение сухого остатка.

Определение витамина А в сыворотке крови

Содержание витамина А в сыворотке крови определяют колориметрическим или спектрофотометрическим методом.

В колбу берут не менее 10 мл сыворотки крови, добавляют 10 мл этилового спирта, 3 мл 60%-ного раствора КОН и 100 мг пирогаллола. Омыляют в течение 30 мин на водяной бане при 60° С, затем охлаждают. Экстрагируют серным эфиром один раз 30 мл, затем трижды по 20 мл.

Сухой остаток после отгона эфира растворют в 1—2 мл хлороформа, затем отбирают 0,4 мл полученного раствора и добавляют 4 мл раствора треххлористой сурьмы и колориметрируют. Содержание витамина А в сыворотке крови рассчитывают, как и в молоке.

Определение витамина А на основе реакции Карр—Прайса с треххлористой сурьмой имеет недостатки. Один из них — чувствительность реакции к влаге и необходимость отмывать кюветы соляной кислотой и водой с последующим высушиванием. Кроме того, для определения витамина А этим методом требуется большое количество сыворотки крови, что не всегда возможно, так как из одной пробы крови одновременно отбирают часть сыворотки для исследования в ней минеральных веществ, кетоновых тел, каротина и других витаминов.

Для определения содержания витамина А в меньших количествах сыворотки крови предложен спектрофотометрический метод Бессея в модификации А. А. Анисовой с дополнениями, внесенными доцентом кафедры терапии Московской ветеринарной академии И. П. Кондрахиным. Спектрофотометрический способ много проще и точнее. При этом нет необходимости готовить стандартные растворы и строить калибровочную кривую. К тому же можно параллельно определять содержание каротина в сыворотке крови. Этот показатель важен при оценке обеспеченности каротином крупного рогатого скота, так как в крови этих животных наряду с витамином А содержится значительное количество каротина в отличие от других видов животных (лошадей, птицы).

Спектрофотометрическое определение витамина А и каротина в сыворотке крови (по Бессею в модификации А. А. Анисовой с дополнениями И. П. Кондрахина).

Сущность метода. Метод основан на щелочном гидролизе и экстракции витамина А и каротина из сыворотки крови при помощи малолетучих растворителей и последующем спектрофотометрическом измерении поглощения света раствором (при длине волны 328 нм для витамина А и 460 нм для каротина) до и после разрушения витамина А ультрафиолетовыми лучами.

Приборы и посуда. Спектрофотометры СФ-4, СФ-4а и СФ-16; кварцевая лампа ПРК-4; центрифуга; водяная баня; вентилятор настольный; пробирка с притертыми пробками из стекла пирекс, пропускающего ультрафиолетовые лучи; 55×8 мм; пробирки центрифужные; пипетки с резиновыми баллончиками.

Реактивы. 1 н. КОН в 90%-ном этиловом спирту (1 объем 11 н. КОН+10 объемов абсолютного спирта). Реактив готовят в день употребления. Ксилол-октановая смесь (1:1). Реактивы должны быть химически чистыми. Готовят за несколько часов до начала анализа.

Ход определения. В центрифужные пробирки набирают пипеткой по 3 мл сыворотки и добавляют по 3 мл 1 н. спиртового раствора КОН. Содержимое пробирок перемешивают тонкой стеклянной палочкой до образования однородной смеси и ставят для гидролиза в водяную баню на 20 мин при 60° С. Затем пробирки охлаждают в воде со льдом в течение 10 мин, добавляют в каждую по 3 мл ксилоло-октановой смеси, закрывают пробками и сильно встряхивают с помощью прибора или вручную. Затем пробирки вновь охлаждают в течение 10 мин, после чего центрифугируют 10 мин при 3000 об/мин.

Верхний слой, состоящий из ксилоло-октановой смеси и содержащий витамин А и каротиноиды, отсасывают пипеткой со шприцем в кварцевую кювету на 10 мм. В контрольную кювету наливают ксилоло-октановую смесь и приступают к спектрофотометрированию. Определение каротина проводят при длине волны 460 нм.

Определение витамина А производят путем измерения до и после облучения проб ультрафиолетовыми лучами при длине волны 328 нм. Для этого пробы переносят пипеткой из кюветы в пробирки из стекла пирекс, закрывают пробками и облучают лампой ПРК-4 на расстоянии 30 см в течение 1 ч. Для охлаждения пробирок применяют настольный вентилятор. По разности отсчетов при спектрофотометрии до и после облучения определяют концентрацию витамина А в сыворотке крови.

Расчеты проводят по формулам:

Каротин, мкг% = $E_{460} \cdot 480$, где E_{460} — экстинкция раствора при длине волны 460 нм; 480 — коэффициент для каротина.

Витамин А, мкг% = (E_{328} до облучения — E_{328} после облучения) × ×637, где E_{328} — экстинкция раствора при длине волны 328 нм; 637 — коэффициент для витамина А.

Содержание витамина А в сыворотке крови определяют у животных всех видов, а каротин — только у крупного рогатого скота, лошадей и птицы.

Если в лаборатории нет спектрофотометра, определение витамина А проводят по методике, описанной выше. При этом концентрацию каротиноидов в сыворотке крови определяют в эфирном экстракте, полученном после экстрагирования омыленного образца и высушивания его сульфатом натрия. Во многих лабораториях широко применяется упрощенный метод определения каротина в сыворотке крови без предварительного омыления образца.

Определение каротина в сыворотке крови

Сущность метода. Извлечение каротина из белковых фракций сыворотки крови петролейным или этиловым эфиром с последующим колориметрированием на фотоколориметре при синем светофильтре или со стандартной шкалой двухромовокислого калия.

Приборы и посуда. Фотоэлектроколориметр; центрифуги; мерные цилиндры; пробирки центрифужные; пробирки мерные; пипетки; стеклянные палочки.

Реактивы. Эфир наркозный или петролейный; спирт этиловый 96%-ный; раствор двухромовокислого калия (720 мг в 1 л дистиллированной воды); колориметрическая шкала, приготовленная из основного раствора двухромовокислого калия (720 мг $K_2Cr_2O_7$ в 1 л дистиллированной воды).

Ход определения. В центрифужную пробирку берут пипеткой 1—3 мл сыворотки (в зависимости от предполагаемого содержания каротина), добавляют 3—6 мл этилового спирта. Происходит осаждение белков сыворотки. Смесь тщательно перемешивают стеклянной палочкой, затем центрифугируют в течение 15 мин.

Спирт с осадка сливают, а к осажденному белку добавляют 3—4 мл петролейного или серного эфира, тщательно перемешивают стеклянной палочкой и центрифугируют 10 мин.

Прозрачный эфирный экстракт сливают в мерную пробирку, объем доводят чистым эфиром до 5 мл, закрывают пробкой. В том случае, если после экстракции эфиром белковый осадок имеет желтую окраску, экстракцию каротина проводят повторно, а полученный экстракт соединяют с первым и измеряют общий объем. Интенсивность окраски эфирного экстракта колориметрируют с раствором двухромовокислого калия на фотоэлектроколориметре.

Содержание каротина вычисляют по формуле, приведенной при определении каротина в корме. Расчет ведется на 100 мл сыворотки (в мг%).

При отсутствии колориметра можно использовать колориметрическую шкалу. Количество каротина высчитывают по формуле:

$$x = \frac{K \cdot V \cdot 100}{C},$$

где x — содержание каротина, мг%; K — количество каротина, соответствующее окраске раствора $K_2Cr_2O_7$ по шкале, мг; V — объем эфирного экстракта, мл; C — количество исследуемой сыворотки, мл.

Колориметрическая шкала (табл. 53) для определения каротина в кормах и сыворотке крови. Основной раствор 720 мг $K_2Cr_2O_7$ в 1 л воды (1 мл основного раствора соответствует 0,00416 мг каротина).

53. Колориметрическая шкала для определения каротина

№ пробирки	Основной раствор, мл	Вода, мл	Каротина в 1 мл раствора, мг	Номер пробирки	Основной раствор, мл	Вода, мл	Каротина в 1 мл раствора, мг
1	10,0	0,0	0,004160	13	4,0	6,0	0,001664
2	9,5	0,5	0,003952	14	5,5	6,5	0,001456
3	9,0	1,0	0,003744	15	3,0	7,0	0,001248
4	8,5	1,5	0,003536	16	2,5	7,5	0,001040
5	8,0	2,0	0,003328	17	2,0	8,0	0,000832
6	7,5	2,5	0,003120	18	1,5	8,5	0,000624
7	7,0	3,0	0,002912	19	1,0	9,0	0,000416
8	6,5	3,5	0,002704	20	0,5	9,5	0,000208
9	6,0	4,0	0,002496	21	0,4	9,5	0,000166
10	5,5	4,5	0,002288	22	0,3	9,7	0,000125
11	5,0	5,0	0,002080	23	0,2	9,8	0,000083
12	4,5	5,5	0,001872	24	0,1	9,9	0,000042

Определение витамина А и каротиноидов в яйце

Содержание витамина А и каротиноидов в желтке характеризует обеспеченность птиц А-витаминным питанием и одновременно используется при оценке инкубационных качеств яиц.

Определение витамина А. При анализе яичного желтка из средней пробы (10 желтков) в колбу для омыления берут навеску 5 г, добавляют 10 мл дистиллированной воды, перемешивают, затем добавляют 30 мл этилового спирта, снова перемешивают, добавляют 100 мг пирогаллола, 10 мл 60%-ного раствора КОН и нагревают в водяной бане при 90—95° С с обратным холодильником (его можно заменить небольшими химическими воронками) не менее 1 ч.

В процессе омыления смесь в колбе осторожно помешивают круговыми движениями. После омыления колбу охлаждают, содержимое переносят в делительную воронку, куда добавляют 20 мл дистиллированной воды. Экстракцию проводят этиловым эфиром 4 раза (первый раз 40 мл, затем по 30 мл).

В дальнейшем анализ проводят так же, как при определении витамина А в молоке. Сухой остаток неомыляемой фракции после отгона эфира растворяют в 1—2 мл хлороформа и колориметрируют.

Определение каротиноидов. Определение проводят с омылением пробы желтка и без него. В первом случае каротиноиды в яйце определяют одновременно с определением в нем витамина А.

Берут навеску массой 5—7 г. Омыление и извлечение неомыляемой фракции проводят, как при определении витамина А в яйцах. Обезвоженный эфирный экстракт делят пополам. Одну часть используют для определения витамина А, другую — для каротиноидов. Эфирный эстракт отгоняют в токе углекислоты или под вакуумом. Сухой остаток, полученный после отгонки эфира, растворяют в 10—15 мл бензина Б-70. Полученный экстракт колориметрируют на фотоэлектроколориметре с синим светофильтром. Зная экстинкцию испытуемого раствора, по калибровочной кривой находят количество каротина в 1 мл раствора (мкг). Расчет содержания каротиноидов в образце проводят по формуле:

$$x = \frac{K \cdot V \cdot 2}{C},$$

где x — количество каротина в 1 г навески, мкг; K — количество каротина в 1 мл раствора, найденное по калибровочной кривой; V — объем испытуемого раствора, мл; C — навеска, г; 2 — пересчет на весь объем раствора (брали $^1/_2$ часть).

В основу определения каротиноидов в яйце без омыления положен метод Г. Д. Дубровина с некоторым изменением (по Е. В. Щербакову).

В центрифужную пробирку отвешивают 0,2 г желтка из средней пробы и добавляют 3 мл этилового спирта. Желток в спирте тщательно растирают стеклянной палочкой до появления однородной взвеси. Затем содержимое пробирки центрифугируют при 2500 об/мин в течение 5—7 мин, после чего спирт сливают.

К осадку добавляют бензин, хорошо перемешивают той же палочкой и центрифугируют до выпадения плотного осадка. Полученный экстракт сливают в мерную пробирку и колориметрируют. Если осадок желтоватого оттенка, экстрагирование бензином повторяют, обе порции экстракта объединяют, после чего проводят колориметрирование.

Содержание каротиноидов в желтке вычисляют по формуле, приведенной выше.

Определение содержания витамина А в комбикорме, обогащенном этим витамином

Принцип определения тот же, что при определении витамина А в молоке с некоторыми особенностями при омылении и подготовке образца к экстрагированию неомыляемой фракции.

Подготовка образца. Пробу комбикорма массой 400 г подвергают тщательному размолу, для чего ее дважды пропускают через мельницу и хорошо перемешивают.

Ход анализа. Навеску размолотого комбикорма массой 10—20 г (в зависимости от дозы внесенного в корм препарата витамина А) помещают в коническую колбу на 250 мл, добавляют 100 мг пиро-

галлола, 50—70 мл дистиллированной воды, перемешивают и добавляют затем 50—75 мл этилового спирта и 10—20 мл 60%-ного раствора КОН. Содержимое колбы осторожно помешивают, продувают углекислым газом или азотом.

Омыление проводят в течение 1—1,5 ч при температуре 80° С (в колбы ставят небольшие воронки, заменяющие обратный холодильник). Смесь периодически осторожно перемешивают встряхиванием.

После омыления колбу с содержимым охлаждают под струей воды, затем добавляют 50 мл дистиллированной воды и 20 мл спирта. После этого колбы со смесью ставят на шуттель-аппарат на 10—15 минут, наблюдая за качанием.

Экстрагирование омыленного образца проводят 4 раза, используя первый раз 50 мл эфира, затем — по 40 мл. Для экстракции используют две делительные воронки, а далее поступают, как указано при определении витамина А в молоке.

Определение витамина А в премиксах

Метод определения витамина А тот же, что и при определении в объектах, описанных ранее (предусмотрен ТУ 59-49—72 ВНИИ синтезбелок). Перечень оборудования, материалов и реактивов приведен выше. Ниже обращается внимание на некоторые операции проведения данного анализа.

Из средней пробы хорошо перемешанного премикса берут навеску массой 5 г, помещают в колбу на 200—250 мл для омыления, добавляют 50 мл 96%-ного этилового спирта и 50 мг пирогаллола. Содержимое перемешивают и ставят в кипящую водяную баню.

Омыление проводят в течение 30 мин (с обратным холодильником) с момента начала кипения. Смесь периодически взбалтывают круговыми движениями. После омыления содержимое колбы быстро охлаждают под струей воды до комнатной температуры.

Для экстракции витамина А в колбу добавляют 50 мл эфира и хорошо взбалтывают. Содержимое колбы через воронку Шотта, используя водоструйный насос, переносят в делительную воронку на 500 мл, куда предварительно налито около 50 мл дистиллированной воды. Экстракцию неомыляемой фракции повторяют трижды порциями по 30 мл.

После отгона эфира (в токе углекислого газа) сухой неомыляемый остаток в колбе быстро растворяют в хлороформе и переносят каждую порцию в мерную колбу на 100 мл. Объем доводят до метки хлороформом. Затем проводят колориметрирование или спектрофотометрирование.

Определение витамина А в препаратах, содержащих этот витамин (по А. А. Дмитровскому)

Витаминная промышленность выпускает жировые (масляные) концентраты витамина А, а также в сухой форме на декстриновой или белковой основе. Процесс количественного определения в них витамина А различен.

Масляные концентраты сразу разбавляют хлороформом до требуемого объема, В 1 мл хлороформного раствора должно содержаться 15—80 ИЕ витамина А.

Сухие препараты подвергают омылению. Для этого в колбу для омыления помещают точную навеску препарата массой около 100 мг (препарат с активностью 250—325 тыс. ИЕ в 1 г), добавляют около 100 мг пирогаллола, 1 мл горячей дистиллированной воды (65—70° С) и осторожно круговыми движениями перемешивают до полного растворения микрогранул. Затем добавляют 2 мл 60%-ного КОН и 25 мл этилового спирта и снова перемешивают. Колбу продувают азотом или углекислым газом, присоединяют к обратному воздушному холодильнику и помещают в водяную баню при 90—95° С на 20 мин, изредка осторожно помешивая содержимое.

Через 20 мин колбу отсоединяют от холодильника, охлаждают под струей холодной воды, содержимое переносят в делительную воронку и проводят 4-кратную экстракцию серным эфиром (в первый раз берут 30 мл эфира, затем — по 20 мл).

Дальнейший процесс анализа, как в предыдущих методиках.

Определение рибофлавина в яйце

Принцип метода. Метод основан на способности растворов рибофлавина давать в ультрафиолетовых лучах желто-зеленую флуоресценцию, интенсивность которой прямо пропорциональна его концентрации.

В яйце рибофлавин находится в свободной форме.

Реактивы. Стандартный основной раствор рибофлавина. Навеску 10 мг предварительно растертого в ступке рибофлавина переносят в мерную колбу на 250 мл и растворяют в дистиллированной воде. После полного растворения доводят водой до метки (1 мл раствора содержит 40 мкг рибофлавина). Раствор устойчив в течение месяца при хранении на холоде в темной посуде. Непосредственно перед анализом из основного готовят рабочий раствор. Для этого 1 мл основного стандартного раствора вносят в мерную колбу на 100 мл и доводят дистиллированной водой до метки. В 1 мл рабочего раствора содержится 0,4 мкг рибофлавина.

Этиловый спирт 96%-ный (без примесей альдегидов).

Этиловый спирт 55%-ный (берут 57,3 мл 96%-ного и добавляют дистиллированной воды до 100 мл).

Сода двууглекислая ($NaHCO_3$). Гидросульфит натрия ($Na_2S_2O_4$).

Приборы, посуда. Флуорометр с набором пробирок; механическая качалка; цилиндры мерные с притертой пробкой; цилиндры мерные на 50 мл; колбы мерные на 50, 100 и 250 мл; стаканчики с носиком на 50 мл; воронки; стеклянные палочки.

Ход определения рибофлавина в желтке. Из тщательно размешанной средней пробы желточной массы переливают около 10 г в стаканчик с носиком. Стаканчик с желточной массой взвешивают. В цилиндр с притертой пробкой вносят 50 мл 55%-ного этанола. Из стаканчика в этанол тонкой струей (быстрое сливание массы приводит к образованию плотных сгустков, которые впоследствии плохо разбиваются) льют около 5 г желточной массы. Стаканчик с остатком желточной массы взвешивают и по разности определяют массу навески.

Цилиндр затем закрывают пробкой, встряхивают 2 мин вручную. При отсутствии цилиндров с притертыми пробками можно использовать конические колбы на 250 мл. В центр колбы берут навеску 5 г желточной массы (она не должна попадать на стенки и

горло колбы). Затем очень маленькими порциями при постоянном помешивании палочкой добавляют 50 мл 55%-ного этанола. Колбу закрывают пробкой (ватный тампон, обтянутый полиэтиленовой пленкой).

Цилиндры (или колбы) ставят в механическую качалку и встряхивают в течение двух часов. Содержимое отфильтровывают через сухой бумажный фильтр.

Вытяжку разводят в 2—5 раз (используют мерные колбы на 50 мл). В разведенной вытяжке замеряют интенсивность флуоресценции при помощи флуорометра, согласно инструкции, прилагаемой к прибору. Одновременно замеряют интенсивность флуоресценции рабочего стандартного раствора.

В пробирки со стандартным и испытуемым растворами прибавляют на кончике шпателя $NaHCO_3$ и $Na_2S_2O_4$ (примерно по 0,1 г), смешивают и вновь измеряют флуоресценцию. При этом в стандартном растворе она гасится до нуля. В исследуемых вытяжках остается небольшая флуоресценция, обусловленная посторонними флуоресцирующими веществами. Тушение флуоресценции рекомендуется проводить дважды, так как иногда она протекает медленно. Для этого к пробам повторно добавляют гидросульфит натрия и соду и вновь измеряют флуоресценцию раствора.

Содержание рибофлавина в исследуемой желточной массе вычисляют по формуле

$$x = \frac{(A - B) \cdot 0{,}4 \cdot V}{C \cdot a},$$

где x — количество рибофлавина в 1 г желтка, мкг; A — показания флуорометра для испытуемой вытяжки (первый отсчет); B — показания флуорометра для испытуемой вытяжки после гашения флуоресценции (второй отсчет); C — показания флуорометра для стандартного раствора, содержащего 0,4 мкг рибофлавина в 1 мл (чаще устанавливают на величину 60—80); 0,4 — содержание рибофлавина в 1 мл стандартного раствора, мкг; a — навеска желтка, г; V — объем вытяжки с учетом разведения, мл.

Объем вытяжки с учетом разведения рассчитывают следующим образом: в 5 г желтка, взятых на анализ, содержится 2,5 г воды (содержание влаги в желтке равно 50%). Учитывая добавление 50 мл этанола, объем жидкости составляет 52,5 мл. Так как перед измерением интенсивности флуоресценции фильтрат был разведен в 5 раз, то общий объем (V) составит 262,5 мл (52,5·5).

Пример. Показание флуорометра для испытуемого раствора (первый отсчет) 18, после гашения (второй отсчет) 4; показания флуорометра для стандартного раствора 60; навеска желтка 5 г.

$$x = \frac{(18 - 4) \cdot 0{,}4 \cdot 262{,}5}{60 \cdot 5} = 4{,}9 \text{ мкг в 1 г желтка.}$$

Определение рибофлавина в яичном белке

Среднюю пробу белка тщательно размешивают. В цилиндр с притертой пробкой берут навеску белка около 10 г. Для этого стаканчик с белковой массой взвешивают, затем часть белка переливают в цилиндр. Стаканчик взвешивают повторно, по разнице двух взвешиваний находят массу взятого для анализа белка (навеску белка берут так, чтобы не образовалась пена).

В белковую массу маленькими порциями при тщательном перемешивании добавляют 50 мл 96%-ного этанола. Цилиндр закрывают пробкой, энергично встряхивают и оставляют на несколько минут в покое. После этого записывают объем содержимого цилиндра.

Опускают в цилиндр 8—10 стеклянных бусинок, закрывают пробкой и встряхивают в механической качалке в течение двух часов. Содержимое цилиндра фильтруют через сухой фильтр и рассчитывают общий объем фильтрата.

Пример. Вес пробы белка, взятой на анализ, 13,1 г. Количество влаги в пробе — 11,4 мл (среднее содержание влаги в белке — 87%). После добавления 50 мл этанола объем должен составить 61,4 мл, но после добавления этанола он уменьшился на 1,3 мл. Окончательный общий объем экстракта составляет 60,1 мл. Величину объема (V) вносят в расчетную формулу. Дальнейший порядок определения и расчет содержания рибофлавина в белке проводится, как и при анализе желтка.

МЕТОДЫ БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КРОВИ И МОЧИ

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО БЕЛКА И БЕЛКОВЫХ ФРАКЦИЙ СЫВОРОТКИ КРОВИ

Рефрактометрический метод определения белка

Определение содержания белка и белковых фракций в сыворотке крови приобретает все большее значение для оценки состояния обмена веществ животных. Данные показатели могут быть использованы и для оценки полноценности кормления животных.

В основе рефрактометрии лежит способность сред различно преломлять проходящие через них лучи света. Луч, переходя из одной среды в другую, меняет свое направление — преломляется. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления (рефракция) носит название показателя преломления (коэффициента преломления). Величина рефракции раствора зависит от количества, величины, физического состояния растворенных в нем частиц и температуры внешней среды.

В сыворотке крови величина рефракции зависит главным образом от количества белка. Минеральные вещества и другие составные части сыворотки практически не оказывают влияния на коэффициент рефракции. Для определения показателя преломления используют специальные приборы-рефрактометры.

Рефрактометр РЛУ (лабораторный универсальный) состоит из станины на чугунном основании, к которой на оси укреплена камера прибора, состоящая из нижней и верхней половинок, где установлены осветительная и измерительная призмы. Для поддержания температуры в половинках камеры имеются полости, через которые пропускается вода (подача воды с помощью резиновых шлангов). Температура камеры должна быть 17,5° С (измеряется термометром, укрепленным на штуцере).

На кронштейне установлена зрительная труба, неподвижно соединенная со шкалой коэффициентов преломления. Камера вместе со зрительной трубой с помощью рычага может вращаться вокруг оси. Рефрактометр типа ИРФ-22 работает аналогично.

Перед работой прибор необходимо проверить и установить на нуль. Для этого приподнимают верхнюю половину камеры и на призму наносят несколько капель дистиллированной воды, камеру закрывают и устанавливают на резкость окуляр шкалы и окуляр зрительной трубы. Зеркало устанавливают так, чтобы свет от источника через окно поступал в осветительную призму и равномерно освещал поле зрения. Рукояткой устраняют спектральную окраску границ светотени. Указательную линию окуляра шкалы устанавливают на 1,3332 и смотрят в зрительную трубу. Если граница светотени проходит через центр пересечения линий, то прибор установлен на нуль. Если этого нет, то при помощи ключа необходимо вращать винт в зрительной трубе до тех пор, пока граница светотени не будет в центре пересечения линий. При просмотре большого количества проб необходимо несколько раз проверять установку на нуль.

Определение общего белка сыворотки крови. Ход определения.

54. Данные для пересчета показаний рефрактометра типа РЛУ на процент белка сыворотки крови (по Рейссу)

Показатель преломления	Белок сыворотки крови, %	Показатель преломления	Белок сыворотки крови, %
1,3420	3,50	1,3461	5,90
1,3421	3,56	1,3462	5,96
1,3422	3,62	1,3463	6,01
1,3423	3,67	1,3464	6,07
1,3424	3,72	1,3465	6,12
1,3425	3,80	1,3466	6,17
1,3426	3,87	1,3467	6,23
1,3427	3,94	1,3468	6,28
1,3428	3,99	1,3469	6,34
1,3429	4,05	1,3470	6,41
1,3430	4,10	1,3471	6,48
1,3431	4,16	1,3472	6,55
1,3432	4,21	1,3473	6,60
1,3433	4,27	1,3474	6,66
1,3434	4,32	1,3475	6,71
1,3435	4,38	1,3476	6,77
1,3436	4,43	1,3477	6,82
1,3437	4,49	1,3478	6,88
1,3438	4,54	1,3479	6,93
1,3439	4,60	1,3480	6,98
1,3440	4,66	1,3481	7,03
1,3441	4,71	1,3482	7,09
1,3442	4,76	1,3483	7,14
1,3443	4,81	1,3484	7,20
1,3444	4,89	1,3485	7,27
1,3445	4,96	1,3486	7,35
1,3446	5,03	1,3487	7,42
1,3447	5,09	1,3488	7,48
1,3448	5,15	1,3489	7,53
1,3449	5,20	1,3490	7,58
1,3450	5,25	1,3491	7,63
1,3451	5,30	1,3492	7,68
1,3452	5,36	1,3493	7,73
1,3453	5,41	1,3494	7,79
1,3454	5,47	1,3495	7,85
1,3455	5,54	1,3496	7,92
1,3456	5,61	1,3497	7,99
1,3457	5,68	1,3498	8,06
1,3458	5,73	1,3499	8,12
1,3459	5,79	1,3500	8,17
1,3460	5,85	1,3501	8,23
1,3502	8,28	1,3543	10,65

Продолжение

Показатель преломления	Белок сыворотки крови, %	Показатель преломления	Белок сыворотки крови, %
1,3503	8,33	1,3544	10,70
1,3504	8,38	1,3545	10,75
1,3505	8,44	1,3546	10,81
1,3506	8,49	1,3547	10,86
1,3507	8,56	1,3548	10,91
1,3508	8,63	1,3549	10,96
1,3509	8,71	1,3550	11,00
1,3510	8,76	1,3551	11,07
1,3511	8,81	1,3552	11,14
1,3512	8,86	1,3553	11,21
1,3513	8,92	1,3554	11,26
1,3514	8,97	1,3555	11,31
1,3515	9,03	1,3556	11,36
1,3516	9,08	1,3557	11,40
1,3517	9,14	1,3558	11,47
1,3518	9,21	1,3559	11,54
1,3519	9,28	1,3560	11,60
1,3520	9,35	1,3561	11,65
1,3521	9,40	1,3562	11,70
1,3522	9,46	1,3563	11,75
1,3523	9,51	1,3564	11,80
1,3524	9,57	1,3565	11,87
1,3525	9,63	1,3566	11,94
1,3526	9,68	1,3567	12,02
1,3527	9,73	1,3568	12,10
1,3528	9,78	1,3569	12,17
1,3529	9,84	1,3570	12,24
1,3530	9,89	1,3571	12,30
1,3531	9,94	1,3572	12,35
1,3532	9,99	1,3573	12,40
1,3533	10,06	1,3574	12,45
1,3534	10,13	1,3575	12,50
1,3535	10,20	1,3576	12,57
1,3536	10,25	1,3577	12,64
1,3537	10,31	1,3578	12,70
1,3538	10,36	1,3579	12,80
1,3539	10,41	1,3580	12,90
1,3540	10,47	1,3581	13,0
1,3541	10,54		
1,3542	10,60		

После установки прибора на нуль приподнимают верхнюю половину камеры, вытирают призмы досуха неворсистой салфеткой. Затем на поверхность призмы наносят 1—2 капли сыворотки крови и быстро закрывают камеру на замок. Вращая рукоятку и наблюдая в окуляр зрительной трубы, находят границу светотени и устраняют ее окрашенность. Затем рукояткой точно совмещают границу светотени с точкой пересечения двух линий. Смотрят в окуляр шкалы и проводят отсчет коэффициента преломления раствора, записывают и по шкале Рейсса находят процентное содержание белка (табл. 54). Например, если коэффициент рефракции сыворотки 1,3499, то это соответствует 8,12% белка.

Определение белковых фракций сыворотки крови методом электрофореза на бумаге

Сыворотка крови состоит из нескольких десятков белков, в молекулах которых содержатся как основные, так и кислые ионизируемые группы. Ионизация этих групп обусловливает свободный заряд молекул белка. Величина и знак этого заряда разных белков неодинаковы и зависят от соотношения кислых и основных групп в белке, величины pH и ионной силы окружающего раствора. Поэтому если нанести каплю сыворотки на полоску фильтровальной бумаги, смоченной буферным раствором, и пропустить постоянный электрический ток, то под воздействием электрического поля молекулы белка начнут перемещаться к полюсу с противоположным зарядом. Скорость перемещения различных белков неодинакова и зависит от величины их свободного заряда и градиента потенциала электрического поля. Кроме того, на передвижение молекул белка влияют электроосмотический ток жидкости, а также ток жидкости, возникающий на бумаге в результате сифонирования и испарения буфера с поверхности бумаги.

Разделение белков на фракции лучше проходит в щелочной среде. Белки в среде при pH 8,6 имеют отрицательный заряд и движутся в электрическом поле в сторону анода.

При помощи электрофореза на бумаге при описываемой методике сыворотку крови можно разделить на пять основных групп (альбумины, α_1, α_2, β и γ-глобулины).

Реактивы и оборудование. Буферный раствор; краска для окрашивания белка; экстрагирующий раствор; раствор для отмывания не связавшейся с белком краски; камера для электрофореза на бумаге; фотоэлектроколориметр ФЭК-М; желательно в лаборатории иметь денситометр и электронный интегратор; микропипетки; пробирки; хроматографическая бумага.

Камера для электрофореза. В литературе описано много конструкций камер для электрофореза на бумаге, которые состоят из электрофоретических камер (ванн), источника постоянного тока и автоматического самопишущего денситометра.

Электрофоретическая камера представляет пластмассовую ванну с крышкой. В ванне расположены две свободно вынимающиеся электродные кюветы для буферного раствора, каждая из которых разделена продольной перегородкой пополам на две секции. Электрический ток из одной секции в другую проходит через полоску фильтровальной бумаги, помещаемую на перегородке. Концы фильтро-

вальной бумаги опускаются в буферный раствор, в наружную секцию кювет — концы вертикально расположенных угольных электродов, во внутреннюю — концы бумажных полос. В ванне имеются призмы, на которые укрепляются бумажные полоски.

Крышка камеры имеет двускатную форму, что исключает возможность попадания на электрофореграмму капель конденсата, образующегося на крышке вследствие испарения буферного раствора. Ванна устанавливается в горизонтальное положение при помощи регулировочных винтов, вмонтированных в дно. Электрофоретическую камеру можно сделать из плексигласа или толстого стекла, а заключенные в деревянные рамки электроды — из платиновой проволоки или из нержавеющей стали. Камера для электрофореза должна быть снабжена источником постоянного тока.

Подготовка камеры к проведению электрофореза. Крышку камеры открывают, пластинки с электродами отсоединяют от камеры, электродные кюветы наполняют буферным раствором до одинакового уровня.

На перегородки кювет помещают полоски фильтровальной бумаги, тем самым соединяя оба отделения каждой кюветы. Контактные планки в ванне устанавливают так, чтобы электроды опускались во внешние отделения кювет.

Затем готовят бумагу. Для электрофореза используют хроматографическую бумагу марок «М» (медленная) или «Б» (быстрая) (если электрофореграммы обрабатывают на денситометре, лучше пользоваться бумагой марки «Б»).

Хроматографическую бумагу нарезают полосками вдоль волокон. Размер бумажных полос определяется конструкцией камеры. Длина бумажных полос может быть 26, 32, 40—44 см, ширина 3—4 см. Перед работой на бумажной полосе находят середину, затем, отступая от нее на 3—4 см, отмечают простым карандашом точку (место нанесения сыворотки), на коротком конце бумажной полоски записывают условия опыта, дату исследования, номер животного и т. д.

Приготовленные полосы бумаги смачивают в буферном растворе и немного подсушивают на фильтровальной бумаге. Затем полосы помещают в камеру таким образом, чтобы их концы были погружены в буферный раствор, налитый во внутренние отделения электродных кювет, а средняя часть находилась на призмах или палочках.

Конец бумажной полосы, где записаны условия опыта, должен быть обращен к катоду. Этот конец бумаги остается свободным от белков. Затем наносят сыворотку на заранее отмеченный участок бумажной полосы.

Нанесение сыворотки. На бумажную полоску наносят 0,01 или 0,005 мл цельной сыворотки. Необходимо всегда наносить строго одинаковое количество сыворотки. Исследуемую сыворотку отмеряют при помощи микропипетки на 0,1 мл и наносят на бумагу в виде поперечной полоски при помощи пластинки из плексигласа шириной 3,5 см (можно пользоваться покровным стеклом). Отмеренное количество сыворотки размазывают по краю стекла, а затем, перевернув его каплей вниз, прикладывают под острым углом к поверхности бумаги и придерживают в этом положении несколько секунд, пока сыворотка не впитается в бумагу. Сыворотку можно наносить на полоску бумаги непосредственно из микропипетки. В пипетку набирают 0,015 мл сыворотки. Слегка касаясь бумаги, пипетку перемещают по намеченной полосе (не доводя пипетку на

2 мм до каждого края) до тех пор, пока на бумагу не будет нанесено 0,01 мл. Можно также пользоваться автоматической микропипеткой.

После нанесения пробы прибор закрывают крышкой, на внутреннюю поверхность которой прикрепляют лист фильтровальной бумаги, чтобы конденсирующаяся на крышке жидкость, не попадала в виде капель на электрофореграмму.

Прибор включают в сеть и пропускают через бумажные полосы постоянный электрический ток. Электрофорез проводят при градиенте потенциала 3—8 В (для полос 40 см длиной напряжение должно быть 120—350 В). Сила тока не должна превышать 0,1—0,3 мА на 1 см поперечного разреза бумажной полосы. Сила тока в цепи зависит от напряжения в сети, природы и величины pH буферного раствора, длины и ширины бумажных полос, их количества, толщины бумаги и температуры среды. Сила тока прямо пропорциональна ширине бумажных полос и их числу. Например, если в камере 12 бумажных полос шириной 4 см, на одну полосу сила тока должна быть 0,4—1,2 мА, на 12 полос соответственно 4,8—12,4 мА. Увеличение силы тока более чем вдвое против указанной величины недопустимо, так как при этом происходит нагревание и значительно увеличивается испарение.

Хорошее разделение белка на фракции можно получить за 16—18 ч при напряжении 150—170 В. Электрофорез можно проводить за 10—12 ч при напряжении тока 240—260 В. Сила тока соответственно рассчитывается и устанавливается на миллиамперметре источника постоянного тока.

Электрофорез обычно проводят при комнатной температуре. Хорошие результаты получаются, когда электрофорез проводится на холоде (3—10°), для этого камеру рекомендуется поместить в холодильник.

Приготовление буферных растворов. *Вероналовый буфер* (pH 8,6). В 200—300 мл воды растворяют 10,32 г мединала и добавляют 1,84 г веронала. Смесь нагревают в водяной бане до полного растворения веронала. Затем объем раствора доводят дистиллированной водой до 1 л. Хорошее разделение белка на фракции получается при составе буфера 0,9 г веронала, 5,16 г мединала, 5 г двузамещенного фосфорнокислого натрия.

Веронал-ацетатный буфер (pH 8,6). В 300 мл дистиллированной воды растворяют 8,71 г веронала, 1,89 г едкого натрия и 6,48 г уксуснокислого натрия. К раствору приливают 60 мл 0,1 М раствора соляной кислоты и доводят объем дистиллированной воды до 1 л.

Буферный раствор из борной кислоты и буры. Хорошее и четкое разделение белка на фракции получается, когда на 1 л дистиллированной воды отвешивают 5,574 г борной кислоты и 10,489 г буры.

Трис-буфер (pH 8,9). При использовании его получается хорошее разделение сыворотки (9 фракций). В 1 л дистиллированной воды растворяют 60,5 г трноксиметиламинометана (трис), 6 г этилендиаминочетырехуксусной кислоты и 4,6 г борной кислоты.

Фиксация и окраска белков на бумаге. После окончания электрофореза прибор отключают от сети, снимают крышку камеры и берут бумажные полосы. Избыток влаги на концах удаляют фильтровальной бумагой.

Затем бумажные полоски вешают на стеклянные палочки (через палочку перебрасывают тот конец полосы, где записаны условия опыта).

Для фиксации белков сухие бумажные полосы на стеклянных палочках помещают на 20 мин в сушильный шкаф, нагретый до 105°. Каждый раз следует соблюдать одни и те же время прогревания и температуру, так как от этого зависит связывание краски белками.

Далее проводят окрашивание электрофореграмм, а затем отмывание не связавшейся с белком краски.

Окрашивание электрофореграмм проводят в плоских эмалированных кюветах. Электрофореграммы кладут на дно кюветы в развернутом виде (полоски бумаги сворачивать и класть друг на друга нельзя). В кювету наливают один из трех красящих растворов.

1. Раствор для окраски кислым сине-черным красителем (краска, аналогичная «амидошварцу 10 В»). Раствор готовят следующим образом: кислый сине-черный краситель — 0,2 г, ледяная уксусная кислота — 100 мл, метиловый спирт — 900 мл.

Бумажные полосы окрашивают этим красителем 20 мин. Затем раствор краски сливают (его можно использовать еще несколько раз), а в кювету наливают отмывающую жидкость, которая удаляет не связавшуюся с белками краску. Состав отмывающей жидкости: ледяная уксусная кислота — 100 мл, фенол (расплавленный) — 40 мл, вода водопроводная — 860 мл. Кислый раствор фенола в кювете с электрофореграммами меняют 4—5 раз, пока фон не станет белым.

Кюветы необходимо время от времени покачивать. Долго полоски бумаги держать в кислом растворе фенола нельзя.

2. Красящий раствор с сулемой для окраски бромфеноловым синим: бромфеноловый синий (индикатор) — 0,5 г, сулема — 10 г, ледяная уксусная кислота — 20 мл, вода дистиллированная — 980 мл.

Окраску бумажных полос проводят также в кюветах в течение 30 мин. Краску, не связавшуюся с белком, удаляют промыванием электрофореграмм в 2%-ном растворе уксусной кислоты до тех пор, пока участки бумаги, не содержащие белок, полностью не отмоются от краски. Отмывающую жидкость сменяют несколько раз.

3. Раствор с сернокислым цинком для окраски бромфеноловым синим: бромфеноловый синий 0,1 г $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ — 50 г, ледяная уксусная кислота — 50 мл, дистиллированная вода — 900 мл.

Бумажные полосы погружают в кювету с красящим раствором на 8—20 ч. Затем электрофореграммы прополаскивают в 2%-ном растворе уксусной кислоты. Отмывающую жидкость сменяют несколько раз.

После окраски и отмывания полоски бумаги высушивают на воздухе. На электрофореграмме появляются четыре полоски, соответствующие альбумину, α-, β- и γ-глобулинам. Часто α-глобулин разделяется на α_1 и α_2-глобулины, реже на две фракции разделяется β-глобулин.

Выше было отмечено, что при величине pH 8,6 все белки в электрическом поле являются отрицательно заряженными и движутся по направлению к аноду. Быстрее всех движутся альбумины, затем α-глобулины, за ними β-глобулины, медленнее всех движутся γ-глобулины. Поэтому после окраски γ-глобулины оказываются на месте нанесения сыворотки или могут быть сдвинуты в сторону катода (за счет электроосмотического тока).

Определение соотношения отдельных фракций. Окрашенные и высушенные электрофореграммы можно обрабатывать при помощи денситометра. Если нет прибора, то краску из бумаги извлекают растворителем и определяют ее количество.

Вымывание краски и колориметрическое определение ее количества. Если границы между фракциями четко видны, электрофореграмму разделяют на поперечные полоски, соответствующие каждой фракции.

Каждую вырезанную полоску измельчают ножницами, помещают в отдельную пробирку и заливают элюирующим раствором (кислотный сине-черный краситель элюируется 0,1 н. NaOH, к «альбуминовому» участку приливают 30 мл и по 10 мл к «глобулиновым участкам»).

Бромфеноловый синий элюируется 0,01 н. NaOH или щелочным метанолом. Щелочной метанол для извлечения бромфенолового синего готовят следующим образом: к 500 мл метанола добавляют при перемешивании 500 мл 8%-ного раствора углекислого натрия. Выпавший осадок отфильтровывают. Извлекают краску при комнатной температуре в течение 1 ч в темном месте. Содержимое пробирок необходимо периодически встряхивать.

Окрашенную жидкость после этого колориметрируют в фотоэлектроколориметре. В контрольную кювету наливают элюат из неокрашенного участка электрофореграммы. Показания фотоэлектроколориметра записывают (экстинкцию для альбуминовой фракции умножают на 3, так как наливают в пробирку 30 мл 0,1 н. NaOH).

Пример. Экстинкция (показание колориметра) для альбуминовой фракции — 0,202, для α-глобулиновой — 0,054, β-глобулиновой — 0,039, γ-глобулиновой — 0,128. Показания колориметра для всех фракций суммируют:

$$0{,}202 + 0{,}054 + 0{,}039 + 0{,}128 = 0{,}423.$$

Полученную сумму принимают за 100 и вычисляют, какой процент по отношению к ней составляет экстинкция каждой из проб:

$$\begin{matrix} 0{,}423 - 100\% \\ 0{,}202 - x \end{matrix} \qquad x = 47{,}75\% \text{ альбуминов.}$$

Таким же образом вычисляют содержание α-глобулинов, оно равно 12,76%, β-глобулинов — 9,22, γ-глобулинов — 30,26%. Общее количество глобулинов 52,24%. Коэффициент А/Г равен 47,75 : 51,24 = =0,91.

Расчеты можно проводить и в абсолютных величинах. Для этого нужно знать содержание общего белка в сыворотке крови в процентах.

Если границы между фракциями неясны, окрашенную электрофореграмму разрезают на поперечные полоски шириной 0,5 см. Каждую полоску помещают в отдельные пробирки, в которые наливают по 5 мл элюирующего раствора. Через 1 ч элюат колориметрируют против контрольной пробы из неокрашенного участка электрофореграммы.

На основании полученных данных строят кривую распределения краски по длине электрофореграммы. Для этого на оси абсцисс через одинаковые промежутки проставляют номера пробирок, на оси ординат — значение экстинкции для элюата из этой пробирки. Затем вычерчивают кривую, подобную вычерченной денситометром. Полученную кривую делят по минимальным точкам на ряд участков, соответствующих отдельным фракциям. Величина площади каждого участка пропорциональна количеству красителя, соединившегося с белком данной фракции. По соотношению площадей пиков, соответствующих отдельным фракциям, вычисляют отношение между фракциями белка.

Площадь всей электрофореграммы и отдельных участков определяют двумя способами:

а) планиметром, с помощью которого определяют общую площадь электрофореграммы, вычерченной на миллиметровой бумаге, и площадь отдельных пиков, соответствующих отдельным фракциям белка . Величину общей площади электрофореграммы принимают за 100, а затем вычисляют, какой процент по отношению к ней составляет площадь каждого пика;

б) нарисованную на миллиметровой бумаге электрофореграмму вырезают ножницами и взвешивают; затем бумагу разрезают между пиками и взвешивают каждый пик отдельно. Общую массу электрофореграммы принимают за 100 и вычисляют, какой процент по отношению к нему составляет массу каждого пика. Последний способ более точен и при использовании торзионных или электроаналитических весов менее трудоемок.

Описанные выше расчеты позволяют получить данные о величине отдельных фракций в относительных величинах. Можно вычислить абсолютное количество отдельных фракций белка. Для этого нужно определить общее содержание белка сыворотки крови по Кьельдалю или при помощи рефрактометра.

Пример. Найдено, что общий белок сыворотки крови равен 8%. Общее количество белка принимают за 100%, а ранее найденное количество альбумина (в относительных величинах) принимают за x:

$$\begin{matrix} 8 - 100 \\ x - 46{,}75 \end{matrix} \qquad x = 3{,}82\% \text{ альбумина.}$$

Таким же образом рассчитывают абсолютное количество других фракций. Так, содержание α-глобулинов равно 1,02%, β-глобулинов — 0,74%, γ-глобулинов — 2,42%. Общее количество глобулинов равно 4,18%. Коэффициент А/Г равен 0,91.

При определении отдельных фракций белка пользуются денситометром, который вычерчивает кривую, а затем определяют число отдельных фракций. Удобно пользоваться денситометром одновременно с электронным интегратором, дающим показания величины площади каждой фракции.

Определение белковых фракций сыворотки крови экспресс-методом (по Олл — Маккорду в модификации С. А. Карпюка)

Принцип метода основан на свойстве фосфатных растворов различной концентрации осаждать белки.

Величину оптической плотности растворов с определенными белковыми фракциями определяют на фотоэлектроколориметре.

Приборы, посуда, реактивы. Фотоэлектроколориметр; бюретка; пипетки; пробирки с притертыми пробками; мерные колбы; однозамещенный фосфорнокислый калий; едкий натр.

Для получения основного раствора добавляют 226,8 г KH_2PO_4 к 400 мл раствора, содержащего 33,5 г NaOH. Размешивают до полного растворения, охлаждают до комнатной температуры, доводят объем раствора дистиллированной водой до 500 мл (или до массы 667,5 г). Далее готовят четыре разведенных фосфатных раствора.

Раствор 1. Вносят 92,6 мл (или 123,5 г) основного фосфатного раствора в мерную колбу на 100 мл и доводят дистиллированной водой до метки.

Раствор 2. К 75,0 мл (или 100 г) основного фосфатного раствора добавляют дистиллированную воду до объема 100 мл.

Раствор 3. К 58,8 мл (или 78,5 г) основного фосфатного раствора добавляют дистиллированную воду до объема 100 мл.

Раствор 4. К 48,7 мл (или 65 г) основного раствора добавляют дистиллированную воду до объема 100 мл.

После добавления воды растворы тщательно перемешивают. При хранении разведенных растворов добавляют по одной капле хлороформа на 100 мл раствора (для предупреждения бактериального загрязнения).

Ход определения. В штатив устанавливают 6 пробирок на 10—15 мл, нумеруют их цифрами (0, 1, 2, 3, 4, 5). В пробирку «0» отмеривают 10 мл дистиллированной воды, в пробирки 1, 2, 3 и 4 вносят по 5 мл разведенных фосфатных растворов (растворы 1—4). В пробирку 5 отмеривают 0,5 мл сыворотки крови, 0,75 мл дистиллированной воды и 3,75 мл основного фосфатного раствора. Содержимое пробирки 5 перемешивают, а затем из нее переносят по 0,5 мл смеси в пробирки 1—4, а в пробирку «0» добавляют 1 мл. Содержимое каждой пробирки тщательно перемешивают, избегая образования пузырьков воздуха.

Через 15 мин определяют оптическую плотность растворов в пробирках 1—4 на фотоэлектроколориметре при красном светофильтре, пользуясь кюветами шириной 10 мм. В качестве контроля используют раствор в пробирке «0». После измерения оптической плотности содержимого пробирок 1—4 проводят расчет. Из показаний оптической плотности раствора пробирки 1 вычитают этот же показатель пробирки 2. Разность будет равна оптической плотности альбуминов. Далее из оптической плотности содержимого пробирки 2 вычитают тот же показатель пробирки 3. Разность составит оптическую плотность α-глобулинов. Аналогично из оптической плотности пробирки 3 вычитают таковую пробирки 4. Разность будет оптической плотностью β-глобулинов. А оптическая плотность содержимого пробирки 4 будет равна таковой γ-глобулинов. Затем все показатели разности оптической плотности пробирок 1—4 суммируют, принимая сумму оптических плотностей за 100, вычисляют содержание каждой белковой фракции в относительных процентах.

Содержание отдельной фракции рассчитывают в грамм-процентах. Для этого содержание общего белка определяют рефрактометрическим способом (табл. 55). Принимая количество общего белка

55. Пример расчета белковых фракций в сыворотке крови коров

Фракции белка	Номер пробирки	Оптическая плотность	Разность оптической плотности	Относительный процент	Абсолютный процент	Содержание общего белка в сыворотке крови, %
Альбумины	1	0,685	0,364	53,14	4,65	8,76
α-глобулины	2	0,321	0,049	7,15	0,63	
β-глобулины	3	0,272	0,082	11,97	1,05	
γ-глобулины	4	0,190	0,190	27,74	2,43	
Сумма			0,685			

за 100 и зная количество каждой фракции в относительных процентах, проводят расчет фракций в абсолютных процентах.

Описанный экспресс-метод определения белковых фракций вполне приемлем для оценки состояния белкового обмена в зависимости от различных условий кормления.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВНОЙ ЩЕЛОЧНОСТИ КРОВИ

Величина pH крови животных поддерживается на постоянном уровне, несмотря на образование кислых и щелочных соединений в процессе обмена веществ и поступление их с кормами. Постоянство pH крови регулируется наличием в ней буферных систем — бикарбонатной, фосфатной, белковой, гемоглобинной и функцией выделительных органов.

В нейтрализации кислот, образующихся в процессе обмена, большая роль принадлежит карбонатному буферу, состоящему из угольной кислоты и бикарбоната натрия. Это подтверждается тем, что изменение в составе карбонатного буфера при нарушении кислотно-щелочного равновесия происходит раньше всего, а изменение его компонентов отражает состояние других буферных систем крови. Поэтому для выяснения нарушения кислотно-щелочного равновесия в организме животных определяют концентрацию бикарбонатов крови, которую считают резервной щелочностью. Последняя изменяется в зависимости от полноценности кормления, условий содержания, нормальных функций желудочно-кишечного тракта и выделительной системы животных.

Причинами снижения резервной щелочности крови могут быть: избыточное поступление с кормами кислых элементов (применение несбалансированного концентратного типа кормления); скармливание силоса плохого качества с большим количеством масляной кислоты (особенно при недостатке легкоферментируемых углеводов в рационе); нарушения минерального и витаминного обмена, рахит, кетоз, родильный парез и некоторые другие заболевания. Имеются указания, что снижение щелочного резерва наблюдается у телят при токсической диспепсии.

Отсутствие моциона часто приводит к снижению щелочного резерва крови вследствие накопления в организме животных недоокисленных продуктов обмена.

Расстройство сердечной деятельности, эмфизема легких, нахождение животных в воздушной среде с высокой концентрацией углекислоты могут вызвать в организме состояние не метаболитического, а газового сдвига кислотно-щелочного равновесия в связи с замедлением процесса отдачи легкими углекислоты.

Определение резервной щелочности плазмы крови по Ван-Слайку

Принцип метода заключается в измерении количества углекислого газа, вытесненного серной кислотой из бикарбонатов плазмы крови в разряженном пространстве аппарата Ван-Слайка. Величина углекислого газа исчисляется в объемных процентах (об% CO_2).

Реактивы. 1%-ный раствор аммиака в дистиллированной прокипяченной воде, лишенной углекислоты; октиловый или каприловый спирт; 10%-ная серная кислота (х. ч.); щавелевокислый калий (при

отсутствии чистого препарата его следует перекристаллизировать).

30%-ный раствор щавелевокислого калия должен быть нейтральным. Для этого в определенное количество раствора прибавляют фенолрот и доводят pH до 7,1—7,4, прибавляя раствор едкого калия или щавелевой кислоты. Затем по расчету, не прибавляя индикатора, нейтрализуют остальной раствор. Приготовленный таким образом раствор отмеряют в центрифужную пробирку из расчета 0,01 мл на 1 мл крови (не более 3 мг щавелевокислого калия на 1 мл крови), затем, вращая пробирку, смачивают ее стенки и оставляют для высушивания на воздухе (подогревать нельзя).

В эти пробирки берут кровь (под слой парафинового масла), закрывают пробкой и осторожно несколько раз перевертывают. Кровь как можно скорее центрифугируют и отделяют плазму в сухую пробирку.

Металлическая ртуть массой 4—5 кг должна быть чистая и сухая. Продажную или слегка загрязненную ртуть помещают в широкую чашку, заливают азотной кислотой, разведенной водой 1 : 1 и помешивают стеклянной палочкой (работают под тягой). Через несколько минут кислоту сливают и обрабатывают еще раз новой порцией. Затем ртуть промывают до нейтральной реакции сливных вод. С поверхности ртути фильтровальной бумагой удаляют воду, а для полного высушивания 2—3 раза пропускают через многослойный фильтр, в котором иглой сделаны отверстия.

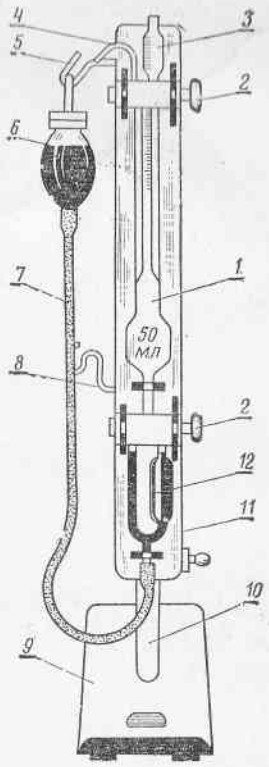


Рис. 5. Аппарат Ван-Слайка.

Смазка для кранов аппарата — смесь тщательно измельченного каучука (40% общей массы) с медицинским вазелином (60%) сплавляют при температуре 160—180° около 12 ч до образования однородной густой массы.

Аппаратура, посуда. Центрифужные пробирки; центрифуга; аппарат Ван-Слайка; пипетки на 1 мл с делениями, не доходящими до конца; пипетки на 5 мл; ртутный барометр; комнатный термометр; прибор для насыщения плазмы углекислотой (можно смонтировать в лаборатории). Стеклянную банку наполняют стеклянными или фарфоровыми бусами, плотно закрывают резиновой пробкой, через которую проходят две стеклянные трубки, изогнутые под прямым углом. Одна трубка доходит до дна банки, другая заканчивается под пробкой, куда при помощи резинового шланга присоединяют делительную воронку емкостью 100—300 мл, закрывающуюся притертой пробкой.

Аппарат Ван-Слайка. Аппарат типа ЩР-3 (рис. 5) состоит из градуированной бюретки *1* емкостью 50 мл, верхняя часть которой

представлена капиллярной трубкой (емкость 1 мл), переходящей в несколько уширенный резервуар с метками до 3 мл. Далее идет широкая смесительная часть бюретки, заканчивающаяся трубкой, на которой имеется метка 50 мл. Бюретка вверху и внизу закрывается притертыми двухходовыми кранами 2. Верхний кран через один ход сообщается с градуированной воронкой *3*, другой — с отводной трубкой *4*. На отводную трубку надевают резиновый шланг, который опускают в сосуд для сбора отработанной жидкости (при недостаточном навыке в сосуд может попасть часть ртути). Нижний кран через один ход соединяется с уширенной, другой с узкой частями У-образной трубки *12*. Эта трубка переходит в короткую стеклянную трубку, на которую прочно укрепляют резиновый шланг *7* диаметром 6—8 мм и длиной 80—100 см. Шланг соединяет аппарат с уравнительным сосудом — стеклянной воронкой грушевидной формы *6*, имеющей дужку для подвешивания на крючки *5*, *8*. Бюретка прикреплена на деревянный щиток *11*, стойка *10* ввернута нижним концом в плиту *9*. Щиток фиксируется к стойке с помощью пружинной клеммы и особого приспособления, обеспечивающего его свободное качание и взбалтывание жидкости в бюретке. Краны должны быть смазаны (смазку наносят тонким слоем) и укреплены резиновыми петлями или металлическими пружинами.

Для заполнения аппарата открывают краны и в подвешенную на нижнем крючке грушевидную воронку осторожно наливают ртуть. После заполнения шланга и нижней части аппарата уравнительный сосуд медленно поднимают вверх до уровня верхнего крана и выжидают, пока ртуть заполнит его ходы и окажется над краном в градуированной воронке и выходной трубке (при этом примерно $^1/_4$ часть грушевидной воронки должна быть заполнена ртутью).

Аппарат должен стоять в большом кювете, так как при недостаточном навыке работы с ним ртуть может вылиться и попасть на пол.

В промежутках между исследованиями грушевидную воронку подвешивают на нижний крючок, при этом ртуть будет находиться на уровне нижнего крана, который закрывают. Резервуар со ртутью плотно закрывают резиновой пробкой, а шланг укладывают в кювет.

Ход определения. Подготовка аппарата к работе. Открывают краны и, медленно поднимая грушевидную воронку, наполняют аппарат ртутью так, чтобы капля ртути появилась в градуированной воронке *3* и выходной трубке *4*. Верхний кран закрывают. Грушевидную воронку опускают почти на всю длину шланга, при этом ртуть опустится до конца У-образной трубки, в аппарате создается разреженное пространство. Затем уравнительный сосуд поднимают (не быстро), ртуть заполняет аппарат, нижний кран в это время соединяют то с одной, то с другой частью У-образной трубки. Если в приборе и в резиновом шланге не осталось воздуха и оба крана хорошо притерты, ртуть, быстро поднимаясь в капилляре аппарата, ударяется о верхний кран, издает ясный металлический звук. При наличии в аппарате воздуха он поднимается кверху и металлического звука не получается. В этом случае поднимают грушевидную воронку, открывают верхний кран и дают возможность воздуху выйти в воронку *3*. Опуская и поднимая ртуть в аппарате, несколько раз удаляют из него весь воздух (при работе и жидкость) и только после этого можно приступить к определению. При этом нижний кран соединяет аппарат с узкой частью У-образной трубки.

В делительную воронку вносят около 3 мл плазмы, присоединяют к прибору для насыщения ее углекислотой. Открывают пробку

и кран делительной воронки, делают обычный вдох и выдыхают воздух в длинную трубку банки до глубокого выдоха. Когда выдох заканчивается, делительную воронку и кран закрывают, отъединяют ее от банки и, вращая, распределяют плазму по поверхности делительной воронки. Воронку снова присоединяют к банке с бусами и еще 2—3 раза насыщают плазму углекислым газом выдыхаемого воздуха. Затем хорошо закрыв воронку, ставят ее в штатив. Градуированную воронку *3* ополаскивают 1%-ным раствором аммиака, который удаляют пипеткой и заменяют новой порцией, от которой оставляют в углублении воронки (над ртутью) около 0,5 мл.

В воронку *3* под слой аммиака подслаивают точно 1 мл плазмы, насыщенной углекислотой (используют пипетку емкостью 1 мл, не имеющей градуировки в конце).

Грушеобразную воронку *6* берут в левую руку и держат несколько ниже уровня верхнего крана. Осторожно приоткрывают верхний кран на соединение с градуированной воронкой *3* и начинают медленно опускать уравнительный сосуд так, чтобы плазма и часть аммиака перешли в капиллярную часть аппарата. Несколько капель аммиака должно остаться в воронке. Кран закрывают. В градуированную воронку вносят 0,5 мл дистиллированной воды, освобожденной от углекислоты, и всасывают ее в аппарат, следя за тем, чтобы над краном оставалось несколько капель жидкости. Кран закрывают.

Точно так же в аппарат всасывают смесь одной капли октилового спирта с 0,5 мл 10%-ной серной кислоты.

В воронку наливают около 2 мл дистиллированной воды и всасывают столько, чтобы общий объем жидкости в аппарате дошел до 2,5 мл. Кран хорошо закрывают. В воронку *3* вносят несколько капель ртути и закрывают ее резиновой пробкой.

Уравнительный сосуд опускают на столько, чтобы уровень ртути в аппарате дошел до метки 50 мл, и тут же закрывают нижний кран; уравнительный сосуд подвешивают на нижний крючок.

Держась левой рукой за стойку, правой выводят щит с аппаратом из фиксированного клеммой положения и качают его 20—25 раз для взбалтывания находящейся в аппарате жидкости (при этом лучше выделяется углекислый газ). Затем аппарат ставят в вертикальное положение.

Уравнительный сосуд опускают, открывают нижний кран на соединение с уширенной частью У-образной трубки и почти всю жидкость опускают в нее, после чего сразу кран закрывают (нельзя допустить перехода газа в У-образную трубку).

Грушевидную воронку несколько приподнимают и нижний кран переключают на соединение с узкой частью У-образной трубки. Ртуть быстро поднимается. Уравнительный сосуд поднимают до тех пор, пока мениск ртути в нем и в капиллярной трубке не будут на одном уровне.

Записывают объем, занятый газом до мениска собравшейся над ртутью жидкости, с точностью до 0,01 мл. Записывают также показания барометра и термометра.

Открывают нижний кран на соединение с расширенной частью У-образной трубки, верхний — с отводной трубкой и, поднимая уравнительный сосуд, жидкость удаляют. Аппарат промывают небольшим количеством разведенной серной кислоты и после водой до тех пор, пока вытекающая вода не перестанет давать кислой реакции на лакмус. После этого приступают к проверке аппарата, как перед

началом работы. Проводят параллельное определение. Для расчетов берут среднюю величину из двух результатов, которые обычно почти совпадают.

По окончании анализа необходимо проделать холостой опыт с одними реактивами и полученную в нем величину вычесть из результатов основного анализа.

Величину резервной щелочности определяют по формуле

$$x = \frac{P}{760}\,(100{,}8 - 0{,}27t)\,(V - 0{,}136 + 0{,}002t),$$

где x — резервная щелочность, объемные % CO_2; P — барометрическое давление; t — температура воздуха, при которой произведено исследование; V — измеренный в аппарате объем углекислоты.

Показатели резервной щелочности приведены в табл. 56.

56. Показатели резервной щелочности плазмы крови животных при определении по Ван-Слайку (данные В. А. Аликаева)

Вид животных	Щелочной резерв в 100 мл плазмы крови, см³ CO_2
Лошади взрослые летом	49—66
Лошади взрослые зимой	44—64
Жеребята (6—12 мес)	40—60
Коровы дойные летом	52—66
Коровы дойные зимой	50—62
Телята (6—12 мес)	45—46
Быки-производители летом	52—68
Быки-производители зимой	48—60
Овцы (матки) летом	46—56
Овцы (матки) зимой	44—52
Ягнята (6—12 мес)	42—50
Свиньи	47—59*

* Цитировано по Е. А. Васильевой.

Определение резервной щелочности крови диффузионным методом (описание И. П. Кондрахина)

Принцип метода заключается в вытеснении серной кислотой из бикарбонатов крови углекислого газа, который поглощается раствором едкого натра. По количеству связанной щелочи судят о количестве бикарбонатов плазмы крови.

Реактивы и аппаратура. 0,1 н. раствор едкого натра; 0,02 н. раствор NaOH (готовят перед исследованием из 0,1 н. раствора), титр этого раствора доводят до определенного уровня; 0,1 н. раствор (исходный) серной кислоты (готовят из фиксанала); 0,02 н. раствор H_2SO_4 (готовят перед исследованием из исходного); 5%-ный раствор H_2SO_4; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина; вазелиновое масло; 1%-ный раствор гепарина или 10%-ный раствор трилона Б, или щавелевокислый калий; центрифужные пробирки; пипетки на 1 и 2 мл с делениями, не доходящими до конца; микробюретка на 2 мл; сдвоенные колбы (рис. 6), состоящие из двух стеклянных колбочек, соединенных между собой переходной трубкой; резиновые пробки № 14 или 16 (в зависимости от диаметра отверстий колб). Новые резиновые пробки следует прокипятить в 3%-ном растворе едкого натра, тщательно промыть проточной, а затем 2—3 раза дистиллированной водой. В процессе работы пробки моют водопроводной, а затем дистиллированной водой. Вся посуда должна быть химически чистой и сухой.

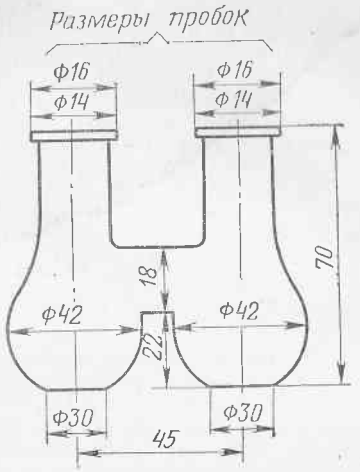


Рис. 6. Сдвоенные колбы для определения резервной щелочности крови.

Получение плазмы. В сухие центрифужные пробирки вносят антикоагулянт из расчета на каждые 10 мл крови 2—3 капли свежеприготовленного 1%-ного раствора гепарина, или 10%-ного раствора трилона Б, или 20—30 мг тщательно измельченного щавелевокислого калия. Затем вносят около 1,5—2 мл вазелинового масла. Кровь берут из яремной вены, подслаивая ее под вазелиновое масло. После взятия крови пробирку быстро закрывают пробкой, осторожно несколько раз перемешивают и ставят в холодное место.

В лаборатории пробирки открывают и немедленно центрифугируют 15—20 мин при 3000 об/мин. Плазму вместе с вазелиновым маслом отсасывают с помощью пипетки с резиновой грушей и переносят в сухую и чистую пробирку (масло должно покрывать плазму слоем около 1,5 см).

Ход определения. Анализы проводят серийно. Каждая проба крови сопровождается двумя параллельными исследованиями и на серию опытов ставят 3—4 контроля. Подготовленные сдвоенные колбы нумеруют и закрывают пробками (пробки увлажняют дистиллированной водой).

1. В одну половину сдвоенной колбы вносят 2 мл 0,02 н. раствора едкого натрия и плотно закрывают пробкой.

2. В смежную половину сдвоенной колбы вносят 0,5 мл плазмы крови (из пипетки не выдувать!) и закрывают.

3. В колбочку с плазмой пипеткой с широким отверстием быстро вносят 1 мл 5%-ного раствора серной кислоты и немедленно плотно закрывают пробкой.

4. Осторожно, вращательными движениями, смешивают плазму с кислотой и оставляют стоять при комнатной температуре на 4 ч (можно до 12—18 ч). Смешивание повторяют 3—4 раза.

5. Для проведения контрольного опыта в одну половину сдвоенной колбы вносят 2 мл 0,02 н. раствора едкого натра и плотно закрывают пробкой, во вторую — 1 мл 5%-ного раствора серной кислоты и тоже закрывают.

6. По истечении указанного времени (4 ч и более) колбочки, где находится раствор щелочи, открывают, вносят в нее 1—2 капли раствора фенолфталеина и титруют 0,02 н. раствором серной кислоты до обесцвечивания. Переход от красного раствора к бесцветному очень резкий, и поэтому титровать нужно осторожно, но главное с одинаковой скоростью как в опыте, так и в контроле. Устанавливают количество 0,02 н. раствора серной кислоты, пошедшее на титрование опытных и контрольных образцов.

По разнице титрования контрольных и опытных образцов определяют количество 0,02 н. раствора едкого натрия, связанного с углекислым газом, вытесненным из бикарбонатов плазмы.

Расчет ведут по формуле:

$$x \text{ об\% } CO_2 = \frac{(A - A_1) \cdot 0{,}448 \cdot 100}{0{,}5},$$

где A — количество 0,02 н. раствора серной кислоты, пошедшее на титрование контроля, мл; A_1 — количество 0,02 н. раствора серной кислоты, пошедшее на титрование исследуемого образца, мл; 0,5 — количество плазмы крови, взятое для анализа, мл; 0,448 — коэффициент пересчета 0,02 н. раствора едкого натра на CO_2 в условиях данной реакции; 100 — коэффициент перевода результатов анализа на 100 мл плазмы крови.

Нормальная величина резервной щелочности для сельскохозяйственных животных 46—66 об%CO_2. Резервную щелочность плазмы крови можно определять с помощью лабораторного титратора Т-110.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЛЬЦИЯ В СЫВОРОТКЕ КРОВИ (ПО ДЕ ВААРДУ)

Принцип метода. Кальций из сыворотки крови осаждают щавелевокислым аммонием. Выпадающий в осадок щавелевокислый кальций после промывания растворяют в серной кислоте, при этом образуется сернокислый кальций и освобождается эквивалентное количество щавелевой кислоты, которую оттитровывают сантинормальным раствором марганцовокислого калия.

Реактивы и оборудование. Насыщенный (приблизительно 5%-ный раствор щавелевокислого аммония х. ч.; 2%-ный раствор аммиака; 50%-ный раствор серной кислоты; 0,1 н. раствор $KMnO_4$; 0,01 н. раствор $KMnO_4$ готовят перед употреблением из 0,1 н. раствора); 0,01 н. раствор щавелевой кислоты (для проверки титра перманганата); центрифуга на 3000 об/мин; водяная баня; центрифужные пробирки (желательно с острым конусообразным дном); пипетки на 1 и 2 мл; микробюретка; стеклянные палочки; штатив.

Ход определения. В центрифужную пробирку наливают 2 мл дистиллированной воды. В ту же пробирку вносят 1 мл прозрачной сыворотки (она должна быть отделена от сгустка как можно быстрее и храниться в холодильнике). Перемешивают, ударяя пальцем по нижнему концу пробирки. Прибавляют 0,5 мл насыщенного раствора щавелевокислого аммония и перемешивают, вращая пробирку между ладонями.

Пробирки оставляют в штативе на 15—20 мин, периодически смешивая раствор путем вращения их между ладонями. Затем пробирки помещают в центрифугу и центрифугируют 10—15 мин. На дне пробирки остается белый осадок щавелевокислого кальция.

Раствор над осадком сливают, опрокидывая пробирку, следят, чтобы осадок не сливался. Ее края вытирают фильтровальной бумагой.

Затем в пробирку приливают 4 мл 2%-ного раствора аммиака, смывая стенки пробирки и взмучивая верхний слой осадка ее вращением между ладонями. Снова центрифугируют 10—15 мин.

Далее жидкость сливают, вытирая фильтровальной бумагой края пробирки, снова приливают 4 мл 2%-ного аммиака и центрифугируют. (Цель промывания — удаление оставшейся над осадком жидкости, содержащей щавелевокислые соединения, которые могут завысить результат).

Надосадочную жидкость сливают, как описано выше. После удаления аммиака к осадку приливают 2 мл 50%-ного раствора серной кислоты. Осадок размешивают стеклянной палочкой, пробирку (вместе с палочкой) ставят в кипящую водяную баню на 2—3 мин.

Горячий раствор титруют из микробюретки 0,01 н. раствором марганцовокислого калия до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Одновременно ставят слепой опыт (определяют количество кальция в реактивах и дистиллированной воде). Для этого в центрифужную пробирку вносят 3 мл дистиллированной воды и 0,5 мл щавелевокислого аммония, перемешивают, а далее поступают, как с исследуемой сывороткой.

Расчет. Так как известно, что 1 мл 0,01 н. раствора $KMnO_4$ соответствует 0,2 мг кальция, то

$$x, \text{ мг\%} = (m - n) \cdot K \cdot 0{,}2 \cdot 100,$$

где m — количество 0,01 н. раствора $KMnO_4$, израсходованного на титрование испытуемой пробы, мл; n — количество 0,01 н. раствора $KMnO_4$, израсходованного на титрование слепого опыта, мл; K — поправка к титру $KMnO_4$; 100 — пересчет в мг%.

Комплексометрический метод определения кальция в сыворотке крови

Принцип метода. Мурексид в щелочной среде (pH 10—13) образует с ионами кальция комплексное соединение розового цвета. При титровании трилоном Б кальций образует с ним более стойкое комплексное соединение, освобождая индикатор, вследствие чего цвет раствора изменяется.

Реактивы и посуда. 9 н. раствор едкого натрия (36 г едкого натрия растворяют в дистиллированной воде и после охлаждения доводят объем до 100 мл); индикатор мурексид — пурпурат аммония (его тщательно растирают с нитратом калия в отношении 1 : 800); 0,005 н. раствор ЭДТА (двунатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, трилон Б, комплексон III). В мерной колбе на 1 л растворяют 0,9305 г вещества в 200 мл дистиллированной воды, затем подщелачивают 10%-ным едким натрием, пока раствор не станет вполне прозрачным и доводят дистиллированной водой до метки. Раствор при хранении в полиэтиленовой посуде устойчив в течение двух месяцев (1 мл точного 0,005 н. рас-

твора ЭДТА содержит 0,1 мг кальция); стандартный раствор углекислого кальция (2,497 г предварительно высушенного при 105—120° С $CaCO_3$ х. ч. берут в колбочку на 200 мл, добавляют 25—30 мл дистиллированной воды и порциями по 1—2 мл 1 н. HCl до полного растворения вещества (идет около 50—55 мл HCl). Затем смесь нагревают до кипения, переносят в мерную колбу на 1 л и после охлаждения доводят водой до метки (1 мл стандартного раствора содержит 1 мг кальция); этиловый спирт; аммиачный буферный раствор (2 г хлористого аммония х. ч. растворяют в дистиллированной воде, добавляют 10 мл 25%-ного раствора аммиака и доводят до 100 мл дистиллированной водой); индикатор—кислый хром темно-синий (0,5 г индикатора растворяют в 50 мл аммиачного буферного раствора и доводят до 100 мл 96%-ным этиловым спиртом); химические стаканы на 150—200 мл; пипетки на 2 и 5 мл; бюретка на 100 мл; микробюретка на 5 мл; мерные колбы емкостью 100, 1000 мл; ступка.

Определение поправки к титру ЭДТА. Из основного стандартного раствора $CaCO_3$ готовят рабочий раствор путем разведения в 10 раз, при этом 1 мл рабочего раствора содержит 0,1 мг кальция, что эквивалентно 1 мл раствора ЭДТА. Для определения поправки к титру ЭДТА используют индикатор — кислый хром темно-синий.

Поправку к титру определяют делением 1 мл ЭДТА на количество мл ЭДТА, пошедшее на титрование 1 мл рабочего раствора $CaCO_3$.

Ход определения. В химический стакан берут 48 мл дистиллированной воды и добавляют 2 мл сыворотки крови. Затем приливают 0,4 мл 9 н. раствора едкого натра. Добавляют на кончике шпателя несколько сантиграммов индикатора мурексида.

Из микробюретки титруют 0,005 н. раствором ЭДТА до получения изменения окраски раствора от розового до фиолетового цвета. Переход не очень яркий, поэтому для сравнения цвета ставят перетитрованную пробу или образец (контроль) со всеми реактивами, но без сыворотки крови. Через несколько определений ставят новый контроль, так как его окраска изменяется.

Расчет проводят по формуле

$$x = \frac{n \cdot K \cdot 0{,}1 \cdot 100}{a},$$

где x — содержание кальция в сыворотке крови, мг%; n — количество 0,005 н. раствора ЭДТА, пошедшее на титрование, мл; K — поправка к титру ЭДТА; 0,1—1 мл 0,005 н. раствора ЭДТА эквивалентен 0,1 мг кальция; a — количество сыворотки крови, взятой на анализ, мл; 100 перевод в мг%.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКОГО ФОСФОРА В СЫВОРОТКЕ КРОВИ (ПО Р. Я. ЮДЕЛЕВИЧУ)

Принцип метода. Фосфаты безбелкового фильтрата крови или сыворотки крови при взаимодействии с молибденовокислым аммонием образуют комплексное соединение, которое в результате восстановления гидрохиноном и содово-сернистым раствором переходит в молибденовую синь. Интенсивность образующейся при этом окраски

пропорциональна количеству неорганического фосфора в растворе. Определяя в колориметре интенсивность окраски испытуемого и стандартного раствора фосфора, находят количество миллиграммов неорганического фосфора.

Реактивы. 20%-ный раствор трихлоруксусной кислоты; 5%-ный раствор молибденовокислого аммония (25 г молибденовокислого аммония растворяют в 300 мл дистиллированной воды и фильтруют в мерную колбу на 500 мл, куда осторожно добавляют 75 мл концентрированной серной кислоты и после охлаждения доводят дистиллированной водой до метки); содово-сернистый раствор (100 мл 20%-ного раствора углекислого натрия соединяют с 25 мл 15%-ного раствора сернистокислого натрия и фильтруют). Раствор нестоек, и его готовят только перед употреблением. Растворы углекислого и сернистокислого натрия готовят раздельно из сухих безводных солей; 1%-ный раствор гидрохинона (к 100 мл раствора гидрохинона прибавляют одну каплю концентрированной серной кислоты); раствор должен быть почти бесцветным; при хранении может приобрести желто-коричневый цвет, и тогда его использовать нельзя; хранится в темной склянке; основной стандартный

57. Использование реактивов при постановке цветной реакции

Растворы	Испытуемая проба, мл	Рабочий стандартный раствор фосфора, мл
В пробирки с делениями на 10 мл берут:		
прозрачный центрифугат (фильтрат)	1,5	—
рабочий стандартный раствор фосфора с содержанием в 1 мл 0,01 мг фосфора	—	1, 2, 3
20 %-ный раствор трихлоруксусной кислоты	—	По 0,5
дистиллированная вода	До объема 3	До объема 3
молибденовокислый аммоний	0,5	По 0,5
	Пробирки встряхивают	
гидрохинон	0,5	По 0,5
	Пробирки встряхивают, жидкость синеет, оставляют на 10 мин	
содово-сернистый раствор *	1,5	По 1,5
	Пробирки осторожно встряхивают	

* Содово-сернистый раствор следует приливать осторожно по стенке пробирки (при быстром прилитии образуется пена, и жидкость выбрасывается из пробирки).

раствор фосфора (2,197 г х.ч. KH_2PO_4, предварительно высушенного в эксикаторе над серной кислотой до постоянной массы, растворяют в мерной колбе на 500 мл и доливают дистиллированной водой до метки). К готовому раствору прибавляют 5 мл хлороформа. В 1 мл стандартного раствора содержится 1 мг фосфора.

Перед употреблением готовят рабочий стандартный раствор путем разведения основного раствора фосфора в 100 раз. 1 мл рабочего стандартного раствора содержит 0,01 мг фосфора.

Посуда и оборудование. Центрифуга; градуированные пробирки с метками 10 мл; центрифужные пробирки; градуированные пипетки на 1, 2 и 5 мл; бюретки; фотоэлектроколориметры ФЭК-М или ФЭК-56 (можно использовать и другие виды колориметров типа концентрационного колориметра КОЛ-1М).

Ход определения. Осаждение белков. Из бюретки в центрифужные пробирки наливают по 3 мл дистиллированной воды. Сюда же пипеткой приливают по 1 мл сыворотки крови. Затем приливают по 1 мл 20%-ного раствора трихлоруксусной кислоты. Тщательно перемешивают содержимое стеклянной палочкой. В результате белки осаждаются. Оставляют в покое на 5 мин, затем центрифугируют 15—20 мин (можно фильтровать через беззольный фильтр). Фильтрат должен быть совершенно бесцветен и прозрачен.

Цветная реакция. Реакцию проводят одновременно с центрифугатом (фильтратом) и стандартным раствором (табл. 57).

После того как прошла реакция восстановления (прекратилось выделение пузырьков газа), из бюретки в пробирку доливают дистиллированной воды, чтобы общий объем составил 10 мл. Содержимое пробирок смешивают.

Одновременно проводят контрольную пробу, в которую вместо испытуемого фильтрата берут дистиллированную воду, все реактивы берут в тех же количествах и доводят дистиллированной водой до 10 мл.

Через 10 мин пробы колориметрируют на фотоэлектроколориметре против контроля на реактивы, применяя красный светофильтр, в кюветах толщиной 10 мм, используя правый барабан. Все пробы должны быть параллельные.

При определении фосфора на фотоэлектроколориметре для расчета количества исследуемого вещества заранее составляют калибровочную кривую. Для ее построения ставят серию определений, в которых кровь заменена рабочим стандартным раствором фосфора. В ряд пробирок с меткой на уровне объема 10 мл ставят цветную реакцию со стандартным раствором и одновременно контрольную пробу по следующей схеме (табл. 58).

Содержимое пробирок смешивают и колориметрируют. При построении калибровочного графика на лист миллиметровой бумаги наносят две прямоугольные оси координат. На оси абсцисс откладывают концентрацию фосфора (мг), на оси ординат — показания фотоэлектроколориметра. Шкалу периодически проверяют. Для повышения точности анализа рекомендуется на каждую серию определений готовить 3 стандартных раствора.

Содержание неорганического фосфора находят по формуле:

$$x = \frac{C \cdot 100}{V},$$

где x — содержание неорганического фосфора, мг%; C — концентрация фосфора, определенная по калибровочной кривой в соответствии с показаниями фотоэлектроколориметра, мг; V — объем сыворотки в центрифугате, взятом для цветной реакции (в 1,5 мл центрифугата содержится 0,3 мл сыворотки); 100 — пересчет данных в мг%.

58. Схема внесения реактивов в пробирки со стандартным раствором фосфора

Растворы, мл	Пробирки					
	1	2	3	4	5	6
Рабочий стандартный раствор фосфора (в 1 мл 0,01 мг)	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Дистиллированная вода	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	—
Молибденовокислый аммоний	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Пробирки встряхивают					
Гидрохинон	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Пробирки встряхивают					
Содово-сернистый раствор	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Пробирки осторожно встряхивают					
Дистиллированная вода	По 4,5 мл в каждую пробирку					
Содержание фосфора в 10 мл раствора, мг	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030

При использовании колориметров типа КОЛ-1М или Дюбоско содержание неорганического фосфора находят по формуле:

$$x = \frac{C \cdot H_1 \cdot 100}{H_2 \cdot 0,3},$$

где x — содержание неорганического фосфора, мг%; C — содержание фосфора в стандартном растворе, использованном при колориметрии (1 мл стандартного раствора содержит 0,01 мг фосфора), мг; H_1 — толщина слоя стандартного раствора по шкале колориметра; H_2 — толщина слоя испытуемого раствора; 0,3 — количество сыворотки, в которой определялся фосфор; 100 — пересчет данных в мг%.

Примечание. В свежевзятой крови даже при отсутствии гемолиза в течение первых 2—3 ч может нарастать органическая кислоторастворимая фракция за счет неорганического фосфора. Позднее происходит обратное явление: органический кислоторастворимый фосфор подвергается гидролизу с образованием неорганического фосфора (в гемолизированной крови гидролиз совершается сразу и весьма интенсивно). Поэтому при взятии крови для определения фосфора необходимо не допускать гемолиза, а определение проводить непосредственно после взятия крови.

Определение неорганического фосфора в безбелковом фильтрате крови с ванадат-молибдатным реактивом

Принцип метода. В безбелковом фильтрате фосфор с ванадат-молибдатным реактивом дает лимонно-желтое окрашивание. При концентрации 1—20 мг/л интенсивность окраски пропорциональна содержанию фосфора. Интенсивность полученного окрашивания замеряется на спектрофотометре или фотоэлектроколориметре.

Реактивы. 20%-ный раствор трихлоруксусной кислоты; концентрированная серная кислота; раствор молибдата аммония (готовят путем растворения 100 г вещества в 500 мл воды, подогретой до 50° С); после охлаждения осторожно приливают 100 мл концентрированной серной кислоты, снова охлаждают, переносят в мерную колбу, доливают дистиллированной водой до 1 л; раствор ванадата аммония (2,5 г ванадата аммония растворяют в 500 мл кипящей дистиллированной воды; кипячение продолжают до тех пор, пока раствор не окрасится в желтый цвет; после охлаждения раствор переносят в мерную колбу и доливают дистиллированной водой до 1 л; реактив стоек); реактив на фосфор (готовят путем смешивания растворов молибдата и ванадата аммония в равных объемах; пригоден в течение двух месяцев); стандартный раствор фосфора (2,1940 г однозамещенного фосфата калия, высушенного в эксикаторе над концентрированной серной кислотой до постоянной массы, растворяют в мерной колбе на 500 мл, доводят до метки дистиллированной водой; к готовому раствору добавляют 2,5 мл хлороформа). В 1 мл раствора содержится 1 мг фосфора. Перед употреблением готовят рабочий стандартный раствор фосфора путем разбавления в 50 раз (1 мл раствора переносят в мерную колбочку на 50 мл и дистиллированной водой доводят до метки). 1 мл рабочего стандартного раствора содержит 20 мкг фосфора.

Приборы, посуда. Фотоэлектроколориметр; центрифуга; центрифужные пробирки; стеклянные палочки; нагревательный прибор; эксикатор; термос со льдом.

Ход определения. Кровь сразу после взятия осаждают равным объемом охлажденной 20%-ной трихлоруксусной кислоты, перемешивают стеклянной палочкой и помещают в термос со льдом.

Затем в лаборатории центрифугируют 20 мин при 2000 об/мин. Центрифугат сливают в пробирки: он должен быть прозрачным (безбелковый фильтрат можно хранить в холодильнике в течение суток).

В другие центрифужные пробирки берут по 0,5 мл центрифугата, приливают по 1,5 мл дистиллированной воды и по 2 мл реактива на фосфор, перемешивают и дают стоять в течение 2 ч. Центрифугируют при 1500 об/мин в течение 5 мин.

Фотометрию лучше проводить при длине волны 436 нм (фиолетовый светофильтр) в кювете 10 мм против контроля (2 мл дистиллированной воды и 2 мл реактива на фосфор).

В крайнем случае фотометрировать можно, используя синий светофильтр с максимумом пропускания 450—460 нм.

Построение калибровочной кривой. Берут 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 мл рабочего стандартного раствора, доводят объем до 2 мл дистиллированной водой, добавляют по 2 мл реактива на фосфор, а далее поступают, как с испытуемыми растворами.

Расчет содержания неорганического фосфора в крови проводят

по формуле

$$P,\ \text{мг}\ \% = \frac{П \cdot 4 \cdot 100}{1000},$$

где $П$ — количество фосфора по калибровочному графику, мкг; 4 — разведение пробы крови; 100 — пересчет на 100 мл; 1000 — пересчет мкг% в мг%.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЧИ

Исследованию мочи животных придается большое значение, так как по изменению ее химических свойств можно контролировать не только расстройство функций мочеполовой, сердечно-сосудистой систем, желудочно-кишечного тракта, но и нарушения обмена веществ, связанные с неправильным кормлением.

С целью контроля нарушения обменных процессов в организме животных определяют pH мочи, наличие кетоновых тел, белка, уробилина и других веществ. Для анализа используют свежесобранную мочу, взятую в утренние часы.

Определение реакции мочи (pH). Животным разных видов присущи свои диапазоны колебания pH мочи (у коров 7,7—8,6; телят 7,0—8,3; лошадей 7,2—8,7; коз 8—8,5; свиней 6,5—7,8).

Реакция мочи у животных может быть более кислой при ацидозе, что может быть вызвано скармливанием больших количеств концентратов или других кормов, реакция золы которых кислая.

Имеются указания, что у животных с простым желудком скармливание большого количества кормов, содержащих щавелевую кислоту и ее соли (свекольная ботва, некоторые сорта свеклы и др.), способствует возникновению ацидоза и вызывает снижение pH мочи. У жвачных животных щавелевая кислота и ее соли под влиянием деятельности микрофлоры рубца всасываются в виде солей щелочных металлов. В результате последующего их расщепления создается избыток щелочей, выводимых с мочой, pH которой повышается.

Аналогичные результаты могут быть получены при скармливании больших количеств силоса (поступление в организм большого количества кислот, особенно уксусной). Это может быть причиной ухудшения всасывания кальция. Несмотря на достаточное его количество в рационе, животным приходится давать кальциевую минеральную подкормку. При нормальной концентрации водородных ионов в моче и избытке кальция в рационе следует применять фосфорные подкормки, например фосфорно-натриевые соли.

Реакцию мочи определяют сразу после взятия образца, так как при стоянии из-за образования карбоната аммония она ощелачивается. В условиях хозяйства реакцию мочи можно определить лакмусовой бумагой. Покраснение лакмусовой синей бумажки, смоченной мочой, указывает на ее кислую реакцию, а посинение красной бумажки — на щелочную. Нейтральная моча не меняет цвета ни синей, ни красной лакмусовой бумаги. В случае изменения цвета и красной, и синей бумажек — реакция мочи амфотерная. Лучше определять pH мочи с помощью универсальной индикаторной бумаги. Для этого в мочу на 1 с вводят индикаторную бумагу и спустя 30 с сравнивают полученную окраску с цветной шкалой, приложенной к реактивной бумаге. Определенный цвет соответствует определенной величине pH. Более точно pH определяют с помощью pH-метра.

Определение ацетоновых (кетоновых) тел в моче

Анализ мочи на содержание кетоновых тел — хороший диагностический показатель для выявления начальных стадий развития кетоза, часто встречающегося у высокопродуктивных животных, особенно в условиях промышленных комплексов.

Ацетон, ацетоуксусную и β-оксимасляную кислоту объединяют под общим названием — ацетоновые (кетоновые) тела. Они представляют собой промежуточные продукты обмена жиров, белков и углеводов. К кетогенным веществам относят жиры и некоторые аминокислоты (лейцин, изолейцин, тирозин, фенилаланин). Глюкоза — основное антикетогенное вещество. Подобными свойствами обладают глицерин, глюконовая, яблочная, янтарная, лимонная и другие кислоты, принимающие участие в цикле Кребса. Кроме того, антикетогенными свойствами обладают липотропные кормовые факторы (холин, метионин и др.).

Кетоновые тела, образующиеся в организме здоровых животных, окисляются. Часть их может ресинтезироваться в высшие жирные кислоты (качественные реакции в моче их не обнаруживают).

При дефиците углеводов в организме усиливается образование кетоновых тел в печени и тормозится их окисление, а количество их в моче возрастает. Увеличение кетоновых тел в моче (кетонурия) у животных отмечают при несбалансированном, неполноценном кормлении, особенно при высоком его уровне (у высокопродуктивных коров), при скармливании большого количества силоса, кислого жома и других кормов, содержащих избыточное количество масляной и уксусной кислот, избыточном скармливании концентратов и недостаточном количестве в рационе легкорастворимых углеводов. Кетонурию отмечают при голодании, в пик лактации, при родильном парезе и других заболеваниях. Увеличение кетоновых тел может отмечаться при высокой концентрации в крови аммонийных солей. В этом случае аммиак тормозит окисление пировиноградной кислоты и ацетилкофермента А (прерывается цикл Кребса).

Отмечено, что в моче здоровых коров содержится 9—10 мг% кетоновых тел, в моче больных животных до 200—300 мг%. Предлагаемые ниже методики определения наличия ацетоновых тел в моче и молоке могут быть выполнены непосредственно в условиях хозяйства.

Проба Лестраде. Реактивы и посуда. Реактив Лестраде: 1 часть нитропруссида натрия растирают в ступке, затем добавляют 20 частей аммония сернокислого и 20 частей безводного карбоната натрия и тщательно растирают. Реактив хранят в темной склянке в сухом месте. В процессе хранения он теряет свою активность, поэтому готовить его на длительный срок не следует.

Кафельная белая палитра или белая фарфоровая чашечка (можно использовать обычное предметное стекло, помещенное на белый лист бумаги).

Ход определения. На палитру, чашечку или стекло наносят около 0,2 г реактива и капают на него 2—3 капли мочи. Появление через 0,5—1 мин розовой и темно-фиолетовой окраски свидетельствует о наличии в моче ацетоновых тел (ацетона и ацетоуксусной кислоты). Слабое окрашивание смеси в розовый с сиреневым оттенком цвет означает наличие ацетона не менее 10 мг %, появление темно-фиолетового цвета свидетельствует о наличии ацетона свыше 100 мг %.

Проба Росса. Реактивы и посуда. Реактив Росса: 1 г нитропруссида натрия растирают в ступке, затем добавляют 99 г аммония сернокислого и тщательно растирают в очень мелкий порошок; реактив нестоек и гигроскопичен, его хранят в темной склянке с притертой пробкой в сухом месте; едкий натрий х. ч.; пробирки; пинцет.

Ход определения. В пробирку вносят 1 г реактива Росса, наливают 5 мл свежей мочи и пинцетом добавляют 1—2 кристаллика едкого натрия. Пробирку встряхивают до растворения реактивов. Реакцию читают через 5 мин. При постановке пробы температура должна быть не ниже 18° С.

Слабая розовая окраска — сомнительная реакция; розовое окрашивание — слабо положительная; пурпурный цвет, раствор прозрачный на свету — положительная реакция; темно-пурпурное окрашивание, раствор не прозрачен на свету — резко положительная реакция.

Определение белка в моче

Практически нормальную мочу животных принято считать свободной от белка, так как обычными лабораторными методами он не определяется. В ничтожных количествах белок в моче обнаруживают у новорожденных животных.

Белок в моче животных может быть обнаружен при сильном мышечном напряжении и обильном содержании протеина в кормах. Причиной такой альбуминурии следует считать накопление в крови значительного количества молочной и фосфорной кислот, которые, повышая проницаемость клубочковых капилляров, действуют на них токсически. У крупного рогатого скота и овец после чрезмерного поедания концентрированных кормов часто наблюдают появление белка в моче алиментарного происхождения. Альбуминурия может наблюдаться при заболевании пищеварительного тракта, печени, отравлении минеральными ядами, скармливании заплесневелых кормов, ядовитых растений. Иногда альбуминурия отмечается у беременных животных.

На белок исследуют свежую и совершенно прозрачную мочу, а недостаточно прозрачную профильтровывают (иногда через двойной фильтр).

Для качественного определения белка в моче на практике наиболее часто применяют пробы, описываемые ниже.

Проба с сульфосалициловой кислотой. Достоинство пробы заключается в том, что данная кислота образует муть только в присутствии белков, альбумоз и бальзамических веществ. Помутнение, вызванное присутствием альбумоз, при нагревании мочи исчезает, а при охлаждении появляется вновь. Белковый осадок при нагревании не растворяется. Присутствие бальзамических веществ тоже образует помутнение, которое исчезает при добавлении нескольких капель спирта.

Реактивы и оборудование. 20%-ный раствор сульфосалициловой кислоты (хранят во флаконе из темного стекла); воронки; фильтры; пробирки; штативы.

Ход определения. К 4—5 мл профильтрованной мочи прибавляют по каплям раствор сульфосалициловой кислоты. В присутствии белка в моче каждая капля образует облачко мути, быстро оседающее на дно пробирки. В зависимости от содержания белка

может быть легкая опалесценция жидкости, заметная только на темном фоне, или помутнение и выпадение хлопьевидного осадка.

Проба с сульфосалициловой кислотой обладает большой чувствительностью, давая положительные результаты при содержании 0,015% белка.

Проба с азотной кислотой. Азотная кислота, взятая в избытке, осаждает белок без нагревания.

Реактивы и оборудование. 50%-ная азотная кислота (удельный вес 1,25); пробирки; штатив для пробирок; пипетки на 5 мл.

Ход определения. На дно пробирки, не смачивая ее стенок, наливают 2—3 мл раствора азотной кислоты и осторожно по стенке наслаивают равный объем профильтрованной мочи. Наличие белка определяют по появлению на границе жидкостей белого кольца (пленки) из свернувшегося белка. Если в моче содержится незначительное количество белка, пленка появляется не сразу, а через 2—3 мин. Появление тонкого, но отчетливого кольца к концу третьей минуты соответствует количеству белка в моче, равному 0,033‰ (в 1000 мл мочи содержится 0,033 г белка).

Необходимо учитывать, что часть других составных частей мочи под действием азотной кислоты, выпадая в осадок, образует кольцо, похожее на белковое. Например, нуклеоальбумины и муцин образуют кольцо выше границы жидкостей, которое растворяется при легком взбалтывании; кольцо, связанное с наличием альбумоз, растворяется при нагревании; при наличии в моче большого количества мочекислых солей (уратов) кольцо располагается несколько выше границы жидкостей и исчезает при легком нагревании (при разведении такой мочи в 2—3 раза водой кольца не образуется); в концентрированной моче может образоваться кольцо из азотнокислой мочевины (устраняется при разведении мочи); смолистые вещества мочи нередко образуют ограниченное кольцо, растворяемое при прибавлении спирта или эфира; пигменты мочи образуют цветные кольца (буро-красные, коричневые, зеленые), отличающиеся от белковых прозрачностью и цветом; ряд цветных колец дают желчные пигменты (осадок от соединения желчных пигментов с азотной кислотой, собранный на фильтре, под действием спирта растворяется); порошкообразный тимол, применяемый при консервировании мочи, дает кольцо, трудноотличимое от белкового, поэтому консервируют мочу кристаллическим тимолом.

Количественное определение белка в моче

Используют пробу с азотной кислотой. Известно, что появление тонкого, но отчетливого кольца на соединении раствора азотной кислоты и мочи к концу третьей минуты соответствует количеству белка в моче, равному 0,033‰ (0,0033%). Если в моче белка больше, то кольцо появляется раньше, а иногда тотчас же после наслоения мочи. В таком случае ее разводят водой до тех пор, пока после наслоения на азотную кислоту в каком-либо разведении кольцо образуется именно к концу третьей минуты. Количество белка (в ‰) будет равно произведению 0,033 на степень разведения.

Ход определения. В 6—8 пробирок наливают по 2 мл дистиллированной воды, затем в первую пробирку добавляют 2 мл профильтрованной мочи и содержимое смешивают. Из первой пробирки пипеткой переносят 2 мл смеси во вторую пробирку, из второй такое же количество смеси переносят в третью и т. д. В результате получают следующее разведение мочи: в 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 и т. д. раз. Затем ставят пробу с разведенной мочой и азотной кислотой и выясняют, при каком разведении к концу третьей минуты образуется кольцо. Допустим, что оно образовалось в пятой пробирке (моча разведена в 32 раза), тогда 0,033‰ умножаем на 32 и получим содержание белка в исследуемой моче: 0,033×32=1,056‰. Если кольцо образуется не в конце третьей минуты, а раньше или несколько позже, то для определения количества белка пользуются таблицей (табл. 59), что ускоряет ход определения.

59. Определение количества белка в моче (в ‰)

Время образования кольца, с	Цельная моча	Кратность разведения мочи						
		2	4	8	16	32	64	128
60—75	0,045	0,091	0,183	0,37	0,73	1,47	2,93	5,87
75—90	0,042	0,083	0,166	0,33	0,67	1,33	2,67	5,33
90—105	0,040	0,079	0,158	0,32	0,63	1,27	2,53	5,07
105—120	0,037	0,075	0,150	0,30	0,60	1,20	2,40	4,80
120—150	0,035	0,070	0,142	0,28	0,56	1,13	2,26	4,53
150—180	0,033	0,066	0,133	0,27	0,53	1,06	2,11	4,27
180—210	0,031	0,062	0,125	0,25	0,50	1,00	2,00	4,00
210—240	0,029	0,058	0,117	0,23	0,47	0,93	1,87	3,73

Например, если моча разведена в 32 раза и при наслоении ее на азотную кислоту кольцо появляется между 90 и 105 с, то в такой моче содержится 1,27‰ белка. Время наслоения мочи условно берется за 15 с. Если в моче одновременно содержатся белок и альбумозы, данный метод определения количества белка неприменим.

МЕТОДЫ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ ПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

ЗООГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОДЕ ДЛЯ ПОЕНИЯ ЖИВОТНЫХ

Одно из важнейших условий повышения продуктивности животных и сохранения их здоровья — обеспечение достаточным количеством доброкачественной воды для поения. В хозяйствах, не имеющих достаточных запасов воды или имеющих плохую воду, нельзя поддерживать высокий санитарный уровень производства продуктов животноводства и соблюдать ветеринарно-санитарные условия при

60. Требования к качеству питьевой воды (ГОСТ 2874—73)

Показатели	Нормативы
Запах и привкус при температуре 20°, баллы	Не более 2
Цветность по платиново-кобальтовой шкале, градусы	Не более 20
Прозрачность по стандартному шрифту, см	Не менее 30
Мутность, мг/л	Не более 1,5
Активная реакция, pH	6,5—9,5
Общая жесткость, мг/экв·л	Не более 7
Содержание свинца, мг/л	Не более 0,1
Содержание мышьяка, мг/л	Не более 0,05
Содержание фтора, мг/л	Не более 1,5
Содержание цинка, мг/л	Не более 5,0
Содержание железа, мг/л	Не более 0,3
Марганец, мг/л	0,1
Гексаметафосфат (PO_4), мг/л	Не более 3,5
Остаточный алюминий, мг/л	Не более 0,5
Количество кишечных палочек в 1 л воды (коли-индекс)	Не более 3
Коли-титр, мл	Не менее 300
Величина сухого остатка, мг/л	Не более 1000
Содержание сульфатов, мг/л	Не более 500
Содержание хлоридов, мг/л	Не более 350
Среднее количество микроорганизмов в 1 л воды	Не более 1000

Примечание. При децентрализованном или местном водоснабжении допускаются нормативы: величина pH — 7,07, сухой остаток после выпаривания 500—1000 мг/л, аммиак — следы, азотистая кислота — следы, азотная кислота — не более 20 мг/л, хлориды — 30—50 мг/л, сульфаты — 60 мг/л, окисляемость воды 2—5 мг O_2/л, общая жесткость — 10—12,5 мг/экв·л, микробное число в 1 мл воды — 100—1000, коли-титр — 100—200 мл.

61. Предельное содержание минеральных веществ в воде для поения животных

Животные	Минеральный состав воды, мг/л: сухой остаток	хлориды	сульфаты	Общая жесткость мг/экв·л
Крупный рогатый скот:				
взрослые животные	800 / 2400	120 / 600	250 / 800	10 / 18
телки и ремонтный молодняк	60 / 1800	100 / 400	200 / 600	10 / 14
Свиньи:				
взрослые животные	600 / 1200	100 / 300	200 / 600	8 / 14
поросята и ремонтный молодняк	500 / 1000	100 / 300	180 / 500	8 / 12
Лошади:				
взрослые животные	500 / 1000	100 / 400	150 / 400	10 / 15
жеребята и ремонтный молодняк	400 / 800	80 / 300	120 / 350	10 / 12
Овцы:				
взрослые животные	1000 / 5000	700 / 2000	800 / 2400	24 / 45
ягнята и ремонтный молодняк	300 / 3000	500 / 1500	600 / 1700	20 / 30

Примечание. В числителе желательные величины, в знаменателе — предельно допустимые.

содержании животных. В связи с этим в задачу ветеринарных врачей и зооинженеров должен входить постоянный надзор за доброкачественностью воды, который можно осуществлять по физическим, химическим и бактериологическим свойствам в условиях хозяйств и лабораторий.

Регламентация качественных показателей и норм потребления воды. В СССР при оценке качества воды руководствуются нормами, установленными ГОСТ 2874—73 «Вода питьевая, нормы качества» (табл. 60).

В отдельных районах страны с солончаковыми грунтами и грунтами, содержащими гипс, вода отличается высокой минерализацией. В этих местностях в соответствии с «Указаниями по проектированию сельскохозяйственного водоснабжения» (СН 267—63) допускается применять воду для поения животных со следующим предельным содержанием минеральных веществ (табл. 61).

62. Среднесуточные нормы расхода воды в расчете на одну голову в сутки на животноводческих фермах, л

Вид и группа животных	Всего	На поение животных
Крупный рогатый скот:		
коровы молочные	100	65
коровы мясные	70	65
бычки и нетели	60	40
Молодняк крупного рогатого скота:		
до 6-месячного возраста	20	10
старше 6-месячного возраста	30	25
Свиньи:		
хряки-производители	25	10
супоросные и холостые матки	25	12
подсосные матки с приплодом	60	20
поросята-отъемыши	5	2
молодняк старше 4 мес и свиньи на откорме	15	6
Лошади:		
жеребцы-производители	70	45
рабочие, верховые, рысистые, племенные некормящие матки, жеребята старше 18 мес	60	50
подсосные кобылы с жеребятами	80	65
молодняк в возрасте от отъема до 18 мес	45	35
Овцы:		
взрослые животные (бараны, валухи, матки)	10	8
молодняк после отбивки	5	4
Кролики и пушные звери:		
кролики, норки, соболи	3	3
лисицы, песцы	7	7

Наиболее перспективная система обеспечения животноводческих ферм и комплексов водой — централизованное водоснабжение, обеспечивающее бесперебойную подачу воды в необходимом количестве. Оно позволяет лучше, чем при децентрализованном водоснабжении, организовать санитарный надзор за водоисточниками, а также осуществлять очистку и обеззараживание воды.

Наиболее целесообразно использовать для поения автоматические поилки, что обеспечивает прием воды в любом количестве и в любое время (обычно при применении автопоилок животные пьют на 30—50% больше).

При организации водоснабжения на животноводческих фермах и комплексах при расчете водопотребления пользуются строительными нормами СН 267—63. Потребление воды зависит от целого ряда причин (температура воды и окружающей среды, правильность составления рациона, тип кормления, продуктивность, физиологическое состояние животных и т. д.). Данные о нормах водопотребления для животных приведены в таблице 62.

В приведенные нормы (табл. 63) не входит расход воды на хозяйственные нужды в бытовых помещениях (душ, умывальники), на мойку и дезинфекцию автомашин, уборку навоза гидросмывом, а также на отопление, обработку пищевых отходов и др.

63. Нормы потребления воды на голову в сутки в птицеводческих хозяйствах, л

Вид и возрастная категория	Всего	В условиях оптимальных температур	Максимальное потребление в летний период при температуре 30—35°С
Куры яичных линий	0,46	0,27	0,38
Куры мясных линий	0,51	0,30	0,42
Индейки	1,31	0,82	1,0
Утки	0,9	0,55	0,75
Гуси	1,56	0,94	1,3
Молодняк кур в возрасте:			
1—60 дней	0,25	0,15	0,20
61—120 дней	0,84	0,56	0,70
Молодняк уток в возрасте:			
1—55 дней	0,52	0,32	0,45
56—180 дней	0,85	0,52	0,72
Молодняк гусей в возрасте:			
1—70 дней	0,67	0,46	0,56
71—180 дней	1,2	0,77	1,0

В южных зонах с жарким и сухим климатом норму потребления воды на животноводческих фермах следует увеличивать на 25%, в птицеводческих хозяйствах — до 20%, при установке поилок на выгулах — до 50%.

Режимы поения для животных разных видов несколько различаются. В производственных условиях на это следует обращать внимание.

САНИТАРНО-ЗООГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДЫ

Качество воды различных водоисточников устанавливают на основании результатов санитарно-топографического обследования водоисточника, определения физических свойств воды и ее лабораторного анализа. При этом применяют схему полного или краткого санитарного анализа.

Полный анализ проводят при исследовании воды новых источников централизованного водоснабжения и пускаемых в эксплуатацию артезианских скважин.

При исследовании воды источников децентрализованного водоснабжения, а также при повторных исследованиях воды источников централизованного водоснабжения используют схему краткого анализа.

По схеме краткого анализа определяются следующие показатели: органолептические (запах, вкус, цветность, прозрачность, муть, осадок, видимые невооруженным глазом водные организмы); химические (окисляемость, растворенный кислород, биологическая потребность в кислороде, аммонийный азот, азот нитритов и нитратов, общая и бикарбонатная жесткость, сульфаты, хлориды, железо); бактериологические (микробное число, коли-индекс); гельминтологические.

Правила отбора и хранения проб воды. Для проведения различных санитарно-гигиенических исследований и получения достоверных результатов необходимо придерживаться установленных правил отбора, хранения и транспортировки проб воды, которые необходимо брать так, чтобы они соответствовали всей массе исследуемой воды.

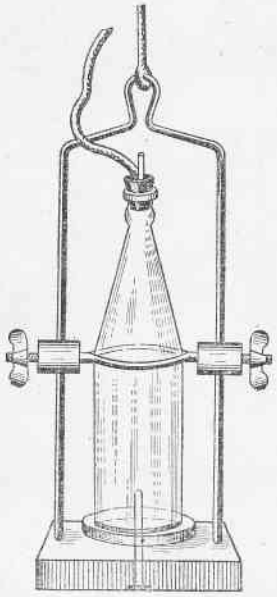


Рис. 7. Прибор для взятия пробы воды — батометр.

Взятие проб воды. Место взятия проб из открытых водоемов устанавливают при осмотре. Если нужно определить влияние на проточную воду того или иного источника загрязнения, пробы воды берут выше него, против него и ниже по течению. Из колодцев воду берут утром (до начала разбора воды) и к вечеру (после разбора). Пробы из колодцев, рек, озер и прудов следует брать на глубине 0,5—1 м от поверхности и в 1—2 м от берега.

Для взятия пробы с определенной глубины существуют специальные приборы — батометры (рис. 7).

Воду набирают в сухие стеклянные бутыли с притертыми пробками, хорошо промытые обыкновенной питьевой, а затем дистиллированной водой. Если бутыль приходится закрывать корковой пробкой, каждый раз следует использовать пробки, не бывшие в употреблении и предварительно прокипяченные в дистиллированной воде.

Перед взятием пробы бутыль ополаскивают не менее двух раз исследуемой водой, наполняют не до самой пробки (оставляя некоторый объем на расширение воды при нагревании), плотно закупоривают и наклеивают этикетку с обозначением номера пробы, места и даты взятия. Для полного лабораторного анализа берут не менее 5 л воды, для сокращенного — не менее 2 л, для исследования упрощенными методами — около 1 л.

К каждой пробе, направляемой в лабораторию, должна быть приложена сопроводительная бумага, в которой отмечают: номер пробы воды, год, месяц, число и час взятия; название водоисточника и место его нахождения; место взятия проб (для открытых водоемов указывают расстояние от берега, глубину и расстояние от дна, при взятии проб из колодцев отмечают глубину взятия пробы от поверхности и расстояние до дна); способ взятия пробы (батометром, бутылью с грузом), продолжительность откачки воды и способ консервирования (если его производили); сведения о ветре и осадках в день взятия пробы из рек, прудов и озер; температура воды и воздуха в момент взятия; для какой цели и по чьему заданию направляется проба; краткое описание водоема и местных условий, могущих оказать влияние на качество воды; если проводили полевое исследование воды, краткие данные о нем; должность и место работы лица, взявшего пробу, его подпись.

Пробы воды для доставки в лабораторию должны быть упакованы в ящики или корзины. Если время транспортировки проб до лаборатории превышает 5 ч, то необходимо принимать меры для предотвращения замерзания проб зимой и нагревания летом. Для получения достоверных результатов взятые пробы воды должны быть исследованы в лаборатории возможно быстро, так как в теплое время года физико-химические показатели под влиянием микрофлоры могут значительно меняться. Определение запаха сероводорода, pH и кислорода желательно выполнять на месте. Допускается хранение проб незагрязненной воды в холодильнике до 72 ч, довольно чистой воды — до 48, загрязненной — до 12 ч.

Если пересылка воды в лабораторию в теплое время года занимает свыше суток, ее рекомендуется консервировать. В одну порцию пробы воды добавляют 2 мл хлороформа на 1 л, во вторую (для определения аммиака, окисляемости и хлоридов) — 25%-ный раствор серной кислоты (2 мл/л). В неконсервированной воде в теплое время года изменяется состав: соли азотистой кислоты переходят в соли азотной, органические вещества разлагаются. Пробы воды, взятые для определения кальция, калия, жесткости, щелочности, натрия и величины pH, обычно не консервируют, хранят в холодильнике и исследуют в течение суток. Пробы для бактериологического исследования берут в стерильные бутыли, закрываемые стерильными пробками.

При взятии проб воды для бактериологического анализа соблюдают следующие условия: из открытых водоемов, баков и других емкостей — глубина 10—15 см от поверхности, но не ближе 10—15 см от дна; из водопроводных кранов и колонок предварительно стерилизуют кран обжиганием, а затем полностью открывают его для спуска воды в течение 10—15 мин.

Флаконы открывают непосредственно перед отбором пробы. Наполняют их с таким расчетом, чтобы при транспортировке не замочить пробку. В склянки, предназначенные для отбора хлорированной водопроводной воды, до стерилизации вносят 10 мг тиосульфата

натрия. Если при транспортировке воды для исследования требуется более 5 ч, то летом пробы следует оберегать от нагревания, помещая их в сумки-холодильники или в ящики с теплоизолирующей прокладкой, зимой — следует предохранять от замерзания.

При взятии проб воды для бактериологического анализа в бутыль берут воду только на $^2/_3$ ее объема и закрывают обожженной пробкой. Пробы для бактериологического анализа следует доставлять в лабораторию возможно быстрее (желательно в течение 1—3 ч).

Методы определения качества воды

Физические свойства воды. При ветеринарно-санитарном обследовании водоисточников качество воды чаще всего оценивают по ее физическим свойствам, обращая при этом внимание на температуру, запах, цвет, вкус и привкус, прозрачность.

Определение температуры. Высокая температура воды колодцев летом или низкая зимой свидетельствует о неглубоком залегании водоносного пласта и о недостаточной фильтрации воды через почву. Вода из наиболее глубоких слоев отличается в течение года постоянством температуры.

Для определения температуры воды колодцев и водоемов проверенный ртутный термометр с делениями 0,1° опускают на 15 мин в воду на ту же глубину, с которой берут пробу воды для исследования. При извлечении термометра из глубокого колодца показания могут смещаться. Для предупреждения этого вокруг ртутного шарика термометра делают кисть из бумажных ниток, которые при извлечении из воды плотно прикрывают шарик и сохраняют показания термометра, или же обвязывают шарик термометра 5—6 слоями марли. Температуру воды выражают в градусах с точностью до 0,1.

При измерении температуры воды буровых скважин и водопроводов берут большую пробу (например, ведро), в которую тотчас же опускают термометр на 15 мин. Необходимо следить за тем, чтобы сосуд с водой был защищен от нагревания и охлаждения, не стоял на снегу, на солнцепеке или на нагретой солнцем поверхности. Показания термометра отсчитывают при положении мениска ртути на уровне глаза. Оптимальная температура питьевой воды для взрослых животных 10—12°, беременных маток — 12—15°, молодняка (в зависимости от возраста) —15—30° С. Такая вода оказывает приятное, освежающее действие и является одним из условий, обеспечивающих ее потребление в достаточном количестве.

Определение запаха. Наличие, характер и интенсивность запаха определяют органолептически.

Доброкачественная вода не должна иметь постороннего запаха. Вода может иметь запахи естественного происхождения — от состава воды, берегов, дна, окружающих почв, живущих в воде и отмерших организмов, и постороннего (искусственного) — при загрязнении источников промышленными сточными водами, при очистке воды с помощью химических веществ и др.

Запах определяют при комнатной температуре и при нагревании до 20 и 60° С. При комнатной температуре запах определяют из бутыли, в которой доставлена проба. Открывают пробку и слегка втягивают в нос воздух у самого горлышка бутыли. Определение запаха при нагревании проводят в широкогорлой колбе на 200—

300 мл, в которую вносят 100—200 мл исследуемой воды. Колбу накрывают хорошо подобранным часовым стеклом, помещают на плитку или водяную баню и нагревают до температуры 20 и 60° С. Затем колбу встряхивают, сдвигают стекло и быстро определяют запах.

Запахи искусственного происхождения называют по производящим их веществам — хлорный, фенольный, бензиновый, камфарный и др.

Интенсивность запаха определяют по пятибалльной шкале (табл. 64).

64. Шкала для количественной характеристики запахов воды

Балл	Термин	Значение
0	Нет	Запах не ощущается
1	Очень слабый	Запах не ощущается потребителем, но обнаруживается при лабораторном исследовании
2	Слабый	Запах замечается потребителем, если обратить на это его внимание
3	Заметный	Запах легко различается, может вызвать неодобрительные отзывы о воде
4	Отчетливый (сильный)	Запах обращает на себя внимание и может заставить воздержаться от питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что вода непригодна для питья

Определение вкуса и привкуса. Хорошая доброкачественная вода должна быть приятной, освежающей, что обусловливается оптимальным количеством растворенных в ней минеральных солей и газов. Неприятный вкус или привкус чаще всего зависит от избытка находящихся в воде минеральных и органических веществ.

Вкус воды определяют органолептически. Вкус воды из источников, не вызывающих сомнений в санитарном отношении, можно определять непосредственно на месте. Воду из открытых водоемов и источников, сомнительных в санитарном отношении, перед определением необходимо прокипятить в течение 5 мин, затем охладить до 20—25° С. Вкус воды, подозреваемой на бактериальную или химическую загрязненность, не определяют.

Вкус воды может быть кислый, соленый, горький, сладкий. Остальные разновидности вкусовых ощущений называют привкусами щелочной, железистый, хлорный, металлический, рыбный. Для определения вкуса (привкуса) воды около 15 мл ее набирают в рот и держат несколько секунд. Проглатывать воду не следует. После определения вкуса сырой воды следует прополоскать рот слабым раствором марганцовокислого калия.

Интенсивность вкуса и привкуса оценивается в баллах: отсутствие привкуса — 0, очень слабый привкус — 1 балл, слабый — 2, заметный — 3, отчетливый — 4, очень сильный — 5 баллов.

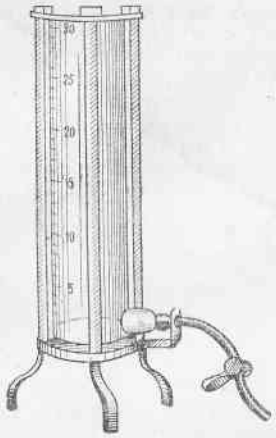


Рис. 8. Прибор Снеллена.

Определение прозрачности, мутности и наличия осадка. Прозрачность и мутность воды определяют по ее способности пропускать видимый свет. Прозрачность воды зависит от количества взвешенных в ней веществ органического и минерального происхождения. Вода, в которой содержится большое количество минеральных и органических веществ, становится непрозрачной, мутной. Увеличение мутности иногда указывает на загрязненность воды сточными водами. Это создает благоприятные условия для развития различных микроорганизмов, в том числе патогенных. Мутность зависит от количества растворенных в воде двууглекислых солей и закиси железа, которые при стоянии воды выпадают в виде гидрата окиси железа, вследствие чего в воде появляется опалесценция, муть. Сильно мутная вода с низкой прозрачностью без предварительной обработки малопригодна для поения животных.

В открытых водоемах прозрачность воды определяют с помощью эмалированного диска диаметром 30 см, который опускают на измерительной ленте до глубины, при которой он перестает быть видимым. Затем диск поднимают и отмечают момент, когда он становится вновь видимым. Эта глубина характеризует прозрачность воды, определяемую в метрах и сантиметрах.

Для определения прозрачности воды в лаборатории пользуются специальным цилиндром с краном в нижней части (рис. 8). На стенке цилиндра нанесены деления в сантиметрах. Дно цилиндра не цельнолитое, как у обычных измерительных цилиндров, а из плотно притертого (пришлифованного) стекла. Прибор имеет подставку высотой 4 см. При пользовании в него наливают нефильтрованную исследуемую воду и под дно подкладывают печатный шрифт Снеллена.

Образец шрифта для определения прозрачности.

«Настоящий стандарт устанавливает методы определения общих физических свойств хозяйственно-питьевой воды: запаха, вкуса и привкуса, температуры, прозрачности, мутности, взвешенных веществ и цветности 5 4 1 7 8 3 0 9».

Читают шрифт, глядя на него через столб воды сверху. Выпуская воду через кран, уменьшая тем высоту столба, добиваются совершенно ясной видимости шрифта.

Определение прозрачности необходимо проводить в хорошо освещенной комнате, но не при прямом солнечном освещении. Высоту водяного столба в сантиметрах, при которой была указанная видимость, считают величиной прозрачности (с точностью до 0,5 см).

Питьевую воду считают прозрачной, если шрифт Снеллена читается через слой воды высотой 30 см и более.

Как в полевых, так и в лабораторных условиях для определения прозрачности воды пользуются также кольцом из проволоки

диаметром 1—2 мм. На одном конце проволоки делают кольцо 1—1,5 см в поперечнике. Кольцо опускают в исследуемую воду, налитую в цилиндр или бутыль из светлого стекла, до тех пор, пока контуры его не сделаются невидимыми. При помощи линейки или ленты с сантиметровыми делениями измеряют глубину, на которой кружок становится видимым при поднятии из воды.

Вода, имеющая прозрачность по кольцу больше 40 см, считается хорошей, в пределах 20—30 см — допустимой, ниже 20 см — непригодной.

Результаты исследования прозрачности воды по кольцу можно переводить в показания, полученные при определении по шрифту Снеллена, пользуясь таблицей 65.

65. Таблица перевода показателей прозрачности воды «по кольцу» на величины шрифта Снеллена

Сантиметры																			
По кольцу																			
2	4	6	8	10	12	15	17	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	41	
По Снеллену																			
0,5	2	3	5	6	8	10	12	14	16	17	18	19	21	23	25	26	28	30	

Между прозрачностью воды и мутностью имеется определенная зависимость. Зная величину прозрачности воды в сантиметрах, можно сделать пересчет на мутность, и наоборот, пользуясь таблицей 66.

Определение цвета. Цвет воды зависит от наличия в ней примесей минерального и органического происхождения. Воды болотистого происхождения (особенно торфяных болот) имеют гамму оттенков от слабо-желтого до коричневого, что зависит от содержания в ней гуминовых веществ. Коллоидные соединения железа придают воде желтовато-зеленоватую окраску. Микрофлора и микрофауна, особенно водоросли в период цветения, придают воде ярко-зеленый, бурый и другие окраски.

66. Соотношение показателей прозрачности и мутности воды

Прозрачность, см	Мутность, мг/л	Прозрачность, см	Мутность, мг/л	Прозрачность, см	Мутность, мг/л
4	235	14	65,0	24	38,0
5	185	15	61,0	26	35,1
6	155	16	56,0	28	32,5
7	130	17	53,4	30	30,5
8	114	18	48,0	32	28,6
9	102	19	46,0	34	26,9
10	92	20	44,5	36	25,4
11	83	21	43,3	38	24,2
12	76	22	41,4	40	23,0
13	70	23	39,6	42	21,8

Самую разнообразную окраску может приобрести вода в результате попадания в источник водоснабжения вод промышленных предприятий.

Наиболее простой прием качественного определения окраски воды заключается в следующем. В два цилиндра объемом 250 мл с плоским дном из бесцветного стекла наливают по 100 мл профильтрованной исследуемой и дистиллированной воды и сравнивают, рассматривая их на белом фоне. Цветность воды характеризуют следующими терминами: бесцветная, светло-желтая, желтая, интенсивно-желтая.

В полевых условиях цветность воды определяют следующим образом. В пробирку из бесцветного стекла диаметром 1,5 см и высотой 12 см наливают 10—12 мл испытуемой воды и сравнивают ее с аналогичным столбиком дистиллированной воды. Цветность воды в полевых условиях определяют по таблице 67 (интенсивность выражается в градусах).

67. Приближенное определение цветности воды в полевых условиях

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху	Цветность, градусы
—	—	Менее 10
—	Едва уловимое слабо-желтоватое	10
—	Очень слабо-желтоватое	20
Едва уловимое при сравнении с дистиллированной водой	Слабо-желтоватое	30
Едва уловимое бледно-желтоватое	Желтоватое	40
Едва заметное бледно-желтое	Светло-желтоватое	80
Очень бледно-желтоватое	Желтое	150
Бледно-желтоватое	Интенсивно-желтое	300
Желтое	Интенсивно-желтое	500

Хорошая вода должна иметь цветность ниже 20°. Допустимой можно считать воду с цветностью до 40°.

Исследование химического состава воды

В природных условиях вода всегда содержит в своем составе разнообразные химические вещества. Одни из них оказывают вредное влияние на организм животных, другие позволяют косвенно судить о загрязнении воды органическими веществами и тем самым определить степень ее опасности в распространении инфекционных и инвазионных заболеваний.

Определение величины pH. Активная реакция воды обусловливается концентрацией водородных ионов и обозначается знаком pH (Potenz Hydrogenium — показатель водородных ионов). Согласно ГОСТ 2874—73, активная реакция воды должна быть в пределах

pH 6,5—8,5. Реакцию воды желательно определять сразу после взятия пробы, так как с течением времени она может измениться из кислой или нейтральной в слабощелочную вследствие выделения угольной кислоты.

Колориметрический метод. Величину pH можно определить колориметрически. Метод основан на свойстве индикатора менять свою окраску в зависимости от концентрации водородных ионов. Для колориметрического определения pH пользуются универсальным индикатором, выпускаемым в форме порошка или спиртового раствора. Таким индикатором определяют величину pH от 2,0 до 10,0.

При отсутствии готового индикатора универсальный индикатор готовят из 0,1%-ных спиртовых растворов: метилового красного 5 мл, диметиламидоазобензола 15 мл, бромтимолового синего 20 мл, фенолфталеина 20 мл, тимолфталеина 20 мл.

Для определения величины pH в чистую пробирку, предварительно ополоснутую исследуемой водой, наливают 3—5 мл исследуемой воды, добавляют 2—3 капли индикатора, перемешивают и определяют искомую величину по таблице 68.

68. Определение величины pH

Величина pH	Окраска исследуемой воды
2,0	Красно-розовая
3,0	Красно-оранжевая
4,0	Оранжевая
5,0	Желто-оранжевая
6,0	Лимонно-желтая
7,0	Желто-зеленая
8,0	Зеленая
9,0	Сине-зеленая
10,0	Фиолетовая

Электрометрический метод. Для определения pH пользуются также лабораторным pH-методом или потенциометром. Действие прибора основано на том, что при погружении платинового или стеклянного электрода в жидкость, содержащую водородные ионы, между жидкостью и электродом возникает разность потенциалов. Величину потенциала можно измерить, включив этот электрод в цепь с другим электродом сравнения (каломельным или хлорсеребряным), потенциал которого известен. Потенциометрический метод сводится к определению электродвижущей силы, возникающей между электродом, погруженным в исследуемый раствор, и электродом сравнения.

Одной из последних моделей потенциометра является прибор ЛПУ-01 с датчиком ДЛ-01.

Определение окисляемости. При оценке качества воды большое значение имеет окисляемость — показатель, характеризующий количество находящихся в воде легко окисляющихся органических веществ. Так как непосредственное определение в воде органических

веществ является методически сложным, то о них судят косвенно, по количеству кислорода, пошедшего на их окисление в 1 л воды. Следовательно, этот показатель дает общее представление о количестве органических загрязнений.

Перманганатный метод. Определение окисляемости воды основано на свойстве $KMnO_4$ в присутствии серной кислоты окислять органические вещества, превращаясь при этом в $MnSO_4$. По количеству израсходованных миллиграммов кислорода определяют содержание легкоокисляющихся органических веществ в 1 л воды.

В полевых условиях окисляемость воды определяют при низкой температуре следующим образом: 10 мл исследуемой воды наливают в пробирку, прибавляют 0,5 мл разведенной 1 : 3 серной кислоты и 1 мл 0,01 н. раствора $KMnO_4$ (0,316 г перманганата калия растворяют в 1 л дистиллированной воды). После перемешивания содержимого пробирку оставляют в покое на 20 мин при температуре выше 20° и на 40 мин при температуре 10—20° и определяют приближенное значение окисляемости (мг O_2/л воды), пользуясь таблицей 69.

69. Таблица для определения окисляемости воды в полевых условиях

Цвет жидкости в пробирке при рассматривании сбоку	Окисляемость, мгO_2/л
Яркий лилово-розовый	1
Лилово-розовый	2
Слабый лилово-розовый	4
Бледный лилово-розовый	6
Бледно-розовый	8
Розово-желтый	12
Желтый	16 и выше

По санитарным нормам хорошей считается вода с окисляемостью не выше 2—5 мгO_2/л.

Среди веществ, указывающих на загрязнение воды органическими веществами, наибольшее значение имеет определение азотсодержащих веществ (аммиака, нитритов, нитратов). В воде открытых источников, как правило, содержатся примеси органических соединений, являющихся остатками водных организмов или попадающих в нее вместе со стоками.

При исследовании незнакомых или меняющих свой состав водоисточников сначала делают качественные реакции. Это позволяет установить объем воды, необходимый для количественного определения, концентрацию нужных реактивов и сократить время на определение солей, которые в ней отсутствуют. Из химических показателей в первую очередь определяют наиболее легко изменяемые (сероводород, железо, нитриты).

Определение азотсодержащих веществ. Азотсодержащие вещества — важный показатель степени загрязнения воды. Они образуются при разложении попадающих в водоисточники веществ, преимущественно животного происхождения (навоз, навозная жижа), и промышленных сбросов. Аммиак — продукт белкового

распада, поэтому его обнаружение свидетельствует о свежем загрязнении. Наличие нитритов указывает на некоторую давность загрязнения в связи с тем, что требуется некоторое время для их превращения из аммиака в нитриты. Присутствие нитратов свидетельствует о более давних сроках загрязнения. Обнаружение в воде аммиака, нитритов и нитратов дает представление о санитарном неблагополучии источника, подвергающегося постоянному загрязнению.

Азотсодержащие вещества могут быть и минерального происхождения. Это следует учитывать при исследовании артезианских вод. При этом важно наличие других показателей загрязнения, особенно величины окисляемости (она повышается при наличии органического загрязнения).

При определении аммиака и аммонийных солей растворы следует готовить на безаммиачной воде. Для освобождения дистиллированной воды от следов аммиака ее подкисляют небольшим количеством серной кислоты (удельный вес 1,84) и вторично перегоняют.

Мутную воду, взятую из открытых водоемов, предварительно отстаивают в течение 4 ч, осторожно с помощью сифона прозрачный слой сливают с осадка и подкисляют соляной кислотой.

Определение в воде аммонийного азота. Метод основан на том, что двойная соль двуйодистой ртути и йодистого калия ($2K_2HgJ_4$), растворенная в КОН (реактив Несслера), в реакции с аммонийными соединениями образует йодистый меркураммоний (NH_2HgOJ), окрашивающий раствор в желтый цвет, интенсивность которого обусловлена содержанием аммонийных солей:

$$2K_2HgJ_4 + 3KOH + NH_4 \rightarrow NH_2HgOJ + 7KJ + 2H_2O.$$

При высоких концентрациях в воде аммонийного азота (несколько десятков миллиграммов на 1 л) образуется оранжевый осадок.

Пригодность реактива определяется его бесцветностью. В природно желтых водах при помощи реактива Несслера можно только качественно определять наличие аммиака.

Содержащиеся в природных водах обычные количества солей кальция и магния при прибавлении реактива Несслера дают опалесценцию, а более высокие концентрации — их осадок. Для того чтобы удержать их в растворе, к исследуемой воде добавляют 50%-ный раствор сегнетовой соли ($KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$).

Для получения раствора 500 г сегнетовой соли (виннокислого калия-натрия) растирают в ступке, растворяют при нагревании в воде и доводят дистиллированной водой до 1 л. В раствор сегнетовой соли прибавляют 50 мл реактива Несслера, дают отстояться в течение 72 ч и делают пробу реактивом Несслера на полноту осаждения аммиака в небольшом количестве раствора, взятого пипеткой из верхней части склянки.

Если раствор с реактивом Несслера не дает окраски, его сливают с образующегося осадка в чистую склянку и используют для анализов. При появлении окраски вторично добавляют реактив Несслера и дают отстояться в течение 72 ч, после чего сливают прозрачный раствор в чистую склянку.

Количественное определение аммонийного азота с приближенной количественной оценкой. В пробирку диаметром 13—14 мм наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 0,3 мл (6 капель) раствора сегнетовой соли и 0,2 мл (4 капли) реактива Несслера.

Через 10 мин определяют наличие в воде аммиака. Если аммиак содержится в виде аммонийных солей, в растворе образуется йодистый меркураммоний, окрашивающий раствор в желтый цвет. По интенсивности окраски исследуемой воды можно сделать приближенное заключение о содержании аммиачного азота (табл. 70).

70. Приближенное определение наличия в воде аммонийного азота

Окрашивание при рассматривании сбоку	Окрашивание при рассматривании сверху вниз	Содержание аммиачного азота, мг/л
—	—	<0,04
—	Очень незначительное, слабо-желтоватое	0,08
Очень незначительное слабо-желтоватое	Слабо-желтоватое	0,2
Незначительное, слабо-желтоватое	Желтоватое	0,4
Слабо-желтоватое	Светло-желтое	0,8
Слабо-желтоватое	Желтое	2,0
Желтое	Интенсивно-желто-буроватое	4,0
Мутноватое, резко-желтоватое	Бурое, раствор мутный	8,0
Интенсивно-бурое, раствор мутный	Бурое, раствор мутный	20,0

Определение азота нитритов. Метод основан на образовании яркоокрашенных азокрасок при взаимодействии в кислой среде нитритов с реактивом Грисса, представляющим собой смесь альфа-нафтиламина и сульфаниловой кислоты в растворе уксусной кислоты. В зависимости от концентрации нитритов реактив дает окраску от розовой до ярко-красной. При подогревании воды появление окраски идет быстрее.

В полевых условиях количество нитритов приближенно определяют в пробирках при помощи реактива Грисса, который поступает в лаборатории в сухом виде. Для определения нитритов в воде используют его 5—10%-ный водный раствор. Приготовленный раствор обязательно фильтруют через беззольный фильтр.

В пробирку наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 0,5 мл реактива Грисса и нагревают в водяной бане при 70—80° в течение 5 мин. В присутствии нитритов появляется розовая окраска различной интенсивности (табл. 71).

Определение азота нитратов (азотной кислоты). В воде, свободной от нитритов, содержание нитратов качественно можно определять с помощью дифениламина. В фарфоровую чашечку берут 1 мл исследуемой воды, добавляют к ней маленький кристаллик дифениламина и 2 мл концентрированной серной кислоты. При наличии в исследуемой воде нитратов появляется темно-синяя окраска вследствие образования дифенилнитрозоамина.

Для качественного определения азота нитратов с приближенной количественной оценкой в пробирку диаметром 13—14 мм вносят 1 мл исследуемой воды и 1 мл сульфофенолового раствора, который

71. Определение в полевых условиях азота нитритов в воде

Окрашивание при рассматривании пробирки сбоку	Окрашивание при рассматривании пробирки сверху вниз	Содержание азота нитритов, мг/л
—	—	<0,001
Едва заметное, розовое	Очень незначительное слабо-розовое	0,002
Очень слабое, розовое	Слабо-розовое	0,004
Слабо-розовое	Светло-розовое	0,02
Светло-розовое	Розовое	0,04
Розовое	Сильно-розовое	0,07
Сильно-розовое	Красное	0,2
Красное	Ярко-красное	0,4

прибавляют из пипетки по каплям так, чтобы капли падали на поверхность воды. Содержимое пробирки перемешивают и через 20 мин определяют приближенное содержание азота нитратов (табл. 72).

Для приготовления сульфофенолового раствора 30 г бесцветной кристаллической карболовой кислоты растворяют в 370 г концентрированной серной кислоты (удельный вес 1,84), нагревая на водяной бане в течение 6 ч. Колбу закрывают пробкой, в которую вставлена длинная стеклянная трубка — холодильник, заканчивающаяся

72. Определение в полевых условиях азота нитратов в воде

Окраска при наблюдении сбоку	Содержание азота нитратов, мг/л
Уловима только при сравнении с контролем	0,5
Едва заметная, желтоватая	1
Чрезвычайно слабая, желтоватая	2
Очень слабая, желтоватая	3
Слабо-желтоватая	5
Слабо-желтая	10
Светло-желтая	25
Желтая	50
Сильно-желтая	100

вверху капилляром (для предотвращения попадания водяных паров). Реактив охлаждают, сливают в темную склянку с притертой пробкой и хранят в шкафу. По санитарным нормам допускается в воде содержание азота нитратов в количестве 20—30 мг/л.

Определение содержания хлоридов в воде. Санитарно-зоогигиеническая оценка наличия и количества хлористых соединений в воде (главным образом NaCl, реже KCl и $CaCl_2$) делается по совокупности показателей загрязнения. Если вода имеет повышенную окисляемость, содержит аммиак, азотистую кислоту и

количество хлоридов выше нормы (больше 20—30 мг/л), что указывает на связь источника с местами поверхностных загрязнений почвы, навозохранилищами, помойными и выгребными ямами, откуда в почву поступают хлористые соединения, содержащиеся в большом количестве в моче. Наличие только хлористых соединений (даже в очень больших количествах) при отсутствии других показателей органического загрязнения указывает на солончаковый характер почвы и не вызывает никаких подозрений на загрязнение воды.

Качественная проба основана на реакции между хлором хлористых соединений и 10%-ным азотнокислым серебром. При наличии хлоридов в воде получается хлористое серебро — нерастворимое соединение в воде беловатой мути или осадка:

$$NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3.$$

Для приближенного определения хлоридов в воде в полевых условиях (экспресс-метод) в пробирку наливают 5 мл исследуемой воды и добавляют 2—3 капли азотной кислоты, свободной от хлора, чтобы исключить из реакции углекислые и фосфорнокислые соли, затем прибавляют три капли 10%-ного раствора азотнокислого серебра. Приближенное содержание хлоридов определяют по степени мутности или объему выпавшего осадка (табл. 73).

73. Показатели приближенного определения хлоридов в воде (ГОСТ 1030—41)

Характеристика осадка или мути	Содержание хлоридов, мг/л
Опалесценция или слабая муть	1—10
Сильная муть	10—50
Образуются хлопья, но оседают не сразу	50—100
Белый объемистый осадок	>100

Количественное определение хлоридов в воде основано на осаждении хлоридов в нейтральной или слабощелочной среде титрованным раствором $AgNO_3$ при индикаторе K_2CrO_4, который после осаждения хлористых солей вступает в реакцию с нитратом серебра, образуя хромовокислое серебро $AgCrO_4$. При этом зеленоватый цвет титруемой жидкости переходит в оранжево-желтый.

Протекающие реакции могут быть выражены следующим образом:

$$NaCl + AgNO_3 = AgCl + NaNO_3;$$

$$K_2CrO_4 + 2AgNO_3 = Ag_2CrO_4 + 2KNO_3.$$

Титрованный раствор $AgNO_3$ (1 мл вступает в реакцию с 1 мг хлор-иона) готовят растворением 4,80 г $AgNO_3$ в 1 л дистиллированной воды и хранят в склянке из темного стекла.

Для установки титра раствора $AgNO_3$ в коническую колбу емкостью 250 мл вносят из бюретки точно 10 мл раствора хлористого натрия, добавляют 90 мл дистиллированной воды и 1 мл раствора

хромовокислого калия. Содержимое колбы титруют раствором азотнокислого серебра до перехода зеленоватого окрашивания в оранжево-желтое. Поправочный коэффициент рассчитывают по результатам трех последовательных титрований.

Если на титрование 10 мл раствора хлористого натрия пошло в среднем 9,8 мл раствора азотнокислого серебра, значит, 1 мл его может осадить: 10 : 9,8 = 1,02 мг хлор-иона (1 мл титрованного раствора хлористого натрия содержит 1 мг хлор-иона). Его готовят растворением 1,649 г химически чистого, высушенного при 105° NaCl в 1 л дистиллированной воды. Для получения 5%-ного раствора K_2CrO_4 навеску 5 г растворяют в химическом стакане в небольшом количестве дистиллированной воды и прибавляют раствор азотнокислого серебра до образования небольшого количества красного осадка. Это делают для того, чтобы освободиться от хлоридов, содержащихся в обычных препаратах K_2CrO_4. Раствору дают отстояться до следующего дня и затем фильтруют в мерную колбу емкостью 100 мл и после доводят объем раствора дистиллированной водой до метки.

Ход определения. В коническую колбу емкостью 250 мл наливают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 1 мл раствора хромовокислого калия и титруют раствором азотнокислого серебра до появления неисчезающей слабо-оранжевой окраски. По количеству израсходованных миллилитров раствора азотнокислого серебра судят о содержании хлоридов в воде.

Пример расчета. На титрование 100 мл исследуемой воды израсходовано 12,2 мл раствора $AgNO_3$, каждый миллилитр которого связывает 1,02 мг хлор-иона. Следовательно, в 100 мл воды содержится $12{,}2 \cdot 1{,}02 = 12{,}44$ мг хлор-иона, а в 1 л — 124,4 мг. Для расчета можно использовать и следующую формулу:

$$x = \frac{n \cdot K \cdot 100}{V},$$

где x — содержание хлор-иона, мг/л; n — количество раствора азотнокислого серебра, израсходованного на титрование, мл; K — поправочный коэффициент раствора азотнокислого серебра; V — количество воды, взятой для исследования, мл.

Пример. На титрование 100 мл исследуемой воды пошло 12,2 мл $AgNO_3$, поправочный коэффициент 1,02.

$$x = \frac{12{,}2 \cdot 1{,}02 \cdot 1000}{100} = 124{,}4 \text{ мг/л}.$$

Примечание. При содержании хлоридов в воде менее 250 мг/л для определения берут 100 мл исследуемой воды. При большем содержании хлоридов берут 10—50 мл исследуемой воды и доводят объем до 100 мл дистиллированной водой, внося соответствующие поправки в расчеты. Этот метод дает хорошие результаты при содержании в 1 л исследуемой воды не менее 36 мг хлоридов. В питьевой воде по ГОСТ 4245—72 допускается содержание хлоридов в количестве до 350 мг/л.

Определение сульфатов. Сульфаты встречаются в воде в форме солей щелочноземельных и щелочных металлов. В некоторых случаях они появляются в воде в результате разложения белков животного происхождения. Сульфаты могут быть и минерального происхождения и содержаться в большем количестве в незагрязненной

воде. Высокое содержание в питьевой воде сульфатов оказывает послабляющее действие на животных и изменяет вкус воды.

Качественное определение сульфатов с приближенной количественной оценкой основано на учете степени помутнения воды от прибавления раствора сульфата бария, образовавшегося при взаимодействии сульфатов с хлористым барием.

Посуда и реактивы. 25%-ный раствор соляной кислоты химически чистой, 5%-ный раствор хлористого бария, пробирки и пипетки.

Ход определения. В пробирку наливают 5 мл исследуемой воды, прибавляют 2—3 капли соляной кислоты 25%-ного раствора (для перевода углекислых и фосфорнокислых солей в хлористые) и 3—5 капель 5%-ного раствора хлористого бария. Содержимое пробирки нагревают до кипения. Появление белой мути, быстро выпадающей в осадок в виде сульфата бария, указывает на содержание в воде солей серной кислоты. Приближенное содержание сульфатов определяют по появлению мути и осадку, пользуясь данными таблицы 74.

74. Показатели приближенного определения сульфатов в воде

Муть или осадок	Содержание сульфатов, мг/л
Слабая муть, появляющаяся через несколько минут	1,0—10
Слабая муть, появляющаяся сразу	10—100
Сильная муть	100—500
Большой осадок, быстро оседающий на дно	Более 500

В питьевой воде содержание сульфатов допускается в количестве 50 мг/л. Однако при отсутствии других показателей загрязнений допускается по ГОСТ 4389—72 наличие в воде сульфатов минерального происхождения в количестве не более 500 мг/л.

Определение железа. В открытых водоемах повышенное содержание железа возможно при попадании производственных сточных вод. В водопроводной воде содержание железа может увеличиваться при коррозии стальных труб. Избыточное содержание железа придает воде неприятный вяжущий привкус, желтовато-бурую окраску и мутность. Животные пьют такую воду неохотно.

Метод определения железа основан на взаимодействии окисного железа в сильнокислой среде с роданистым аммонием (NH_4CNJ) или роданистым калием ($KCNS$) с образованием соединения красного цвета. Интенсивность окраски сравнивают со стандартным раствором железоаммонийных квасцов.

Реактивы. 50%-ный раствор роданистого аммония или калия; аммоний персульфат $(NH_4)_2S_2O_8$ в кристаллах; соляная кислота (удельный вес 1,19), свободная от железа.

Стандартный раствор железоаммонийных квасцов — $NHFe_4(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ содержит в 1 мл 0,1 мг железа. В мерной литровой колбе в небольшом количестве дистиллированной воды растворяют 0,8636 г перекристаллизованных железоаммонийных квасцов, добавляют несколько капель соляной кислоты (до получения прозрачного раствора) и доводят дистиллированной водой до метки.

Качественная реакция на наличие железа с приближенной количественной оценкой. В пробирку наливают 10 мл исследуемой воды, прибавляют две капли концентрированной соляной кислоты, несколько кристалликов персульфата аммония и взбалтывают. Затем прибавляют 4 капли 50%-ного раствора роданистого аммония или роданистого калия. В присутствии солей окиси железа от образования роданистого железа образуется вишнево-красное окрашивание. По его интенсивности судят о примерном количестве суммарного двух- и трехвалентного железа, содержащегося в воде. Приблизительное содержание железа определяют по таблице 75.

75. Показатели для приближенного определения железа

Окрашивание при рассматривании сбоку	Окрашивание при рассматривании сверху вниз	Содержание железа, мг/л
—	—	<0,05
Едва заметное желтовато-розовое	Чрезвычайно слабое желтовато-розовое	0,1
Очень слабое желтовато-розовое	Слабое желтовато-розовое	0,25
Слабое желтовато-розовое	Светлое желтовато-розовое	0,5
Светлое желтовато-розовое	Желтовато-розовое	1
Сильное желтовато-розовое	Желтовато-розовое	2
Светлое желтовато-красное	Ярко-красное	>2

При необходимости раздельного определения двух- и трехвалентного железа выявляют содержание трехвалентного железа без прибавления персульфата аммония, затем суммарно — содержание железа и по разности находят содержание двухвалентного железа.

По ГОСТ 2874—73 предельно допустимое количество железа в воде для централизованного водоснабжения (с установками для его удаления) — 0,3 мг/л, для воды местных источников — 0,5—0,6 мг/л.

Определение жесткости. Для зоогигиенической оценки воды имеет значение определение общей жесткости и жесткости бикарбонатной (устранимой). Жесткость воды выражают в миллиграмм-эквивалентах на литр воды или в градусах. Один миллиграмм-эквивалент соответствует содержанию в воде солей щелочноземельных металлов в количестве, эквивалентном 28 мг CaO в 1 л воды, а один градус жесткости — 10 мг CaO в 1 л воды. При исследовании воды вначале определяют бикарбонатную (устранимую кипячением) жесткость, обусловливаемую бикарбонатами кальция и магния, а затем общую (жесткость сырой воды) и вычитают жесткость постоянную (неустранимую).

Определение бикарбонатной жесткости. *Посуда и реактивы.* Колба емкостью 250 мл; пипетка на 100 мл для отмеривания воды; бюретка на 100 мл; 0,1 н. раствор HCl; 0,1%-ный водный раствор метилоранжа.

Ход определения. В колбу наливают 100 мл исследуемой воды, добавляют две капли раствора метилоранжа и титруют соляной кислотой до слабо-розовой окраски. Содержащиеся в воде бикарбонаты кальций и магний переходят в хлориды, при этом выделяется свободная углекислота. Это можно выразить следующими уравнениями:

$$Ca(HCO_3)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O + 2CO_2;$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2HCl = MgCl_2 + 2H_2O + 2CO_2.$$

1 мл 0,1 н. раствора HCl, израсходованной на титрование, будет соответствовать 2,8 мг CaO, что видно из уравнения $CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$.

Молекула CaO содержит 2 г-экв. Молекулярный вес CaO равен 56 и, следовательно, 1 г-экв. CaO составит 28 г. Отсюда можно подсчитать, что 1 мл 0,1 н. раствора HCl нейтрализует во взятой пробе воды (100 мл) 2,8 мг CaO. При пересчете на 1 л это будет соответствовать 28 мг или 2,8° жесткости.

Таким образом, бикарбонатную жесткость воды определяют умножением на 2,8 числа миллилитров 0,1 н. раствора HCl, пошедшей на титрование.

В этой же пробе воды определяют и общую жесткость.

Определение общей жесткости. *Приборы, посуда и реактивы.* Мерная колба емкостью 200 мл; бюретка с каучуковым наконечником для щелочной смеси; бюретка для титрования раствором соляной кислоты; нагревательный прибор; воронка с бумажным фильтром; щелочная смесь (смесь равных частей 0,1 н. раствора Na_2CO_3 и 0,1 н. раствора NaOH); 0,1%-ный водный раствор метилоранжа; 0,1 н. раствор соляной кислоты.

Ход определения. К жидкости, оставшейся в колбе после определения бикарбонатной жесткости, приливают из бюретки 20 мл щелочной смеси. Если вода имеет повышенную жесткость, то количество приливаемой щелочной смеси должно быть больше, чем это необходимо для ожидаемого градуса жесткости. Под влиянием щелочной смеси кальций и магний выпадают в осадок с образованием углекислого кальция и гидрата окиси магния.

Смесь кипятят в течение 3 мин, охлаждают до 20°, переливают в мерную колбу емкостью 200 мл, добавляют кипяченой или дистиллированной водой до метки, основательно перемешивают жидкость и фильтруют.

В колбу наливают 100 мл фильтрата, прибавляют 2—3 капли 0,1%-ного раствора метилоранжа и титруют 0,1 н. раствором соляной кислоты до слабо-розового окрашивания.

Вследствие того что для титрования была взята только половина смеси (100 мл фильтрата), число миллилитров раствора, затраченного на титрование, умножают на 2 и получают число, показывающее количество миллилитров щелочного раствора, не вступившего в реакцию с солями щелочноземельных металлов. Вычитая это число из 20 мл щелочного раствора и умножая на 2,8, находят общую жесткость.

Постоянная жесткость представляет собой разность между общей и карбонатной жесткостью.

Определение общей жесткости трилонометрическим методом. Комплексометрический метод определения общей жесткости воды с помощью трилона Б (натриевая соль этилендиаминоуксусной кислоты) наиболее распространен.

Метод основан на способности трилона Б образовывать прочные комплексы с ионами кальция и магния. Если в исследуемую воду внести индикатор, дающий окрашивание с кальцием и магнием, то при титровании трилоном Б эти ионы связываются и происходит изменение окраски.

Реактивы. 0,1 н. раствор трилона Б (18,612 г трилона Б растворяют в 1 л дистиллированной воды. Если раствор мутный, его надо тщательно перемешать и профильтровать); аммиачно-буферный раствор (смешивают 100 мл 20%-ного раствора хлористого аммония в мерной колбе на 1000 мл со 100 мл 20%-ного раствора химически чистого аммиака и доводят объем дистиллированной водой до метки); раствор индикатора (0,5 г хромогена черного марки ЕТ-00 растирают в фарфоровой ступке с 10 мл аммиачного буферного раствора, переносят, смывая этиловым спиртом, в мерную колбу на 100 мл и доводят объем раствора этиловым спиртом до метки); сульфат магния (12,325 г сернокислого магния помещают в мерную колбу емкостью 1000 мл и растворяют в дважды дистиллированной воде, после чего доводят объем раствора этой водой до метки).

Посуда. Колбы мерные на 1000 и 100 мл; колбы конические на 150—200 мл; пипетки разной емкости; ступка фарфоровая; воронки; бумажные фильтры.

Для установки титра раствора трилона Б в коническую колбу на 200 мл вносят 10 мл 0,1 н. раствора сернокислого магния и 90 мл дистиллированной воды. Затем прибавляют 5 мл аммиачного буферного раствора и 0,2 мл индикатора. Медленно титруют при тщательном перемешивании взбалтыванием 0,1 н. раствором трилона Б до перехода окраски от розово-красной в голубую с сиреневым оттенком.

Поправочный коэффициент 0,1 н. раствора трилона Б определяют по формуле

$$K = \frac{10}{a},$$

где K — поправочный коэффициент;

a — количество миллилитров 0,1 н. раствора трилона Б, пошедшее на титрование.

Пример. На титрование 10 мл 0,1 н. раствора сульфата магния пошло 9,8 мл 0,1 н. раствора трилона Б

$$K = \frac{10}{9,8} = 1,0204.$$

Ход определения. В коническую колбу емкостью 250 мл наливают 100 мл исследуемой воды, прибавляют 5 мл аммиачного буферного раствора и 5—7 капель индикатора. После этого медленно титруют 0,1 н. раствором трилона Б до перехода винно-красной окраски в синюю. Титрование следует проводить в присутствии контрольной пробы («свидетеля»).

Расчет. 1 мл 0,1 н. раствора трилона Б соответствует 0,1 мг-экв. Жесткость исследуемой воды (мг-экв) находим по формуле

$$x = \frac{a \cdot K \cdot H \cdot 1000}{V},$$

где a — количество трилона Б, пошедшее на титрование; K — поправочный коэффициент 0,1 н. раствора трилона Б; H — количество миллиграмм-эквивалентов, которому соответствует 1 мл 0,1 н. раствора трилона Б; V — объем исследуемой воды, взятой для анализа.

Для пересчета на градусы жесткости полученную величину умножают на 2,8.

По ГОСТ 2874—73 в питьевой воде общая жесткость допускается 7,0 мг-экв. на 1 л (в некоторых случаях — не более 10,0 мг-экв.). Допускается использование для поения животных в зависимости от зоны воды, имеющей жесткость: для крупного рогатого скота 10—18,0, овец 20—45, лошадей 10—15, свиней 8—14 мг-экв. В полупустынных районах Средней Азии допускается для поения животных вода с жесткостью до 21,4 мг-экв на 1 л.

Бактериологические исследования воды

Бактериологический анализ воды — важнейшая часть гигиенического исследования. Результаты его могут иметь решающее значение при санитарной оценке воды. С эпизоотологической точки зрения при санитарно-гигиенической оценке воды имеют значение преимущественно патогенные микроорганизмы. Однако обнаружить их даже в заведомо инфицированной воде очень трудно. Поэтому при бактериологическом контроле обычно пользуются косвенным методом, определяя микробное число, титр кишечной палочки (колититр) и коли-индекс. При этом считают, что чем значительнее загрязнена вода, тем больше в ней сапрофитной и кишечной микрофлоры, и, наоборот, чем меньше она загрязнена, тем меньше в этой воде микробов, в частности бактерий E. coli, и, следовательно, тем меньше выражена возможность возникновения инфекционных заболеваний при употреблении такой воды.

Микробное число — общее количество микробов в 1 мл исследуемой воды. Это ориентировочный показатель, так как подсчитываются все находящиеся в пробе микробы без их идентификации. Оно указывает на загрязнение воды сточными водами, различными отходами, в которых могут содержаться патогенные микроорганизмы.

Микробное число имеет значение при контроле за состоянием воды в одном и том же источнике в разные периоды времени, при контроле за эффективностью действия водоочистных сооружений и т. п.

Пробы воды для санитарно-бактериологического анализа следует отбирать с соблюдением требований, описанных выше.

Определение микробного числа. *Посуда, приборы, питательные среды.* Стерильные пипетки с делениями от 1 до 0,1 мл для посева чистых вод и до 0,01 мл для сравнительно загрязненных (воды с большим загрязнением высевают после соответствующих разведений); чашки Петри; два термостата с автоматическим терморегулятором в пределах 50°; лупа и счетная пластинка; мясопептонный агар (к 1 л мясо-пептонного бульона добавляют 15 г агара, растворяют при нагревании в аппарате для стерилизации текучим паром или в автоклаве при открытом кране для выпуска пара); величина pH среды в пределах 7—7,2 (среду разливают в пробирки по 15 мл и стерилизуют обычным путем в автоклаве); стерильная вода, налитая в пробирки по 9 мл.

Ход определения. Доставленную в лабораторию пробу воды тщательно перемешивают, стараясь не смачивать пробку.

Стерильными пипетками набирают пробы для посева в чашки. Для каждой чашки берут отдельную пипетку. При недостатке пипеток можно пользоваться одной пипеткой при условии, что посев начинают с больших разведений.

Воду с небольшим загрязнением высевают в количестве от 1 до 0,1 мл непосредственно в чашки, а со значительным загрязнением разводят перед посевом стерильной водой. Для этого в пробирку с 9 мл стерильной воды вносят 1 мл исследуемой воды и тщательно перемешивают. Получают первое разведение 1 : 10. После этого 1 мл воды первого разведения вносят во вторую пробирку (разведение 1 : 100). Так поступают до получения необходимого разведения (каждый раз берут новую стерильную пипетку). Из пробы исследуемой воды должно быть сделано не менее двух разведений в зависимости от степени ожидаемого загрязнения.

Отобранное количество воды вносят в чашку, слегка приподняв ее крышку. Одновременно ставят в водяную баню (45°) пробирки с мясо-пептонным агаром для расплавления и выливают в чашку с исследуемой водой. Вращательным движением смешивают воду с агаром и ставят чашки на горизонтальной плоскости для застывания агара. Восковым карандашом делают на крышке чашки нужные надписи (номер пробы, количество засеянной воды, разведение, дата посева). Чашки помещают в термостат крышкой вниз, стопками (по 3—4) при 37° на 24 ч.

Пробы воды из открытых водоемов засевают в две чашки, которые помещают во второй термостат при 20° на 48 ч.

Подсчитывают колонии с помощью лупы по всей площади чашки. Если на площади чашки выросло свыше 300 колоний и нет посевов других разведений, можно вести подсчет при помощи счетной пластинки.

Для такого подсчета чашку с колониями ставят под стекло (сняв крышку или вверх дном). Сосчитывают колонии в 12 квадратах; в четырех центральных и в двух, расположенных по четырем углам счетной пластинки. По найденным числам определяют число колоний на всю площадь чашки (последнюю измеряют по формуле πr^2) и рассчитывают содержание микроорганизмов в 1 мл исследуемой воды.

Пример. Диаметр чашки 10 см, откуда площадь ее равна $5^2 \cdot 3{,}14 = 78{,}5$ см². В 12 квадратах сосчитано 84 колонии, следовательно на 1 см² приходится 7 колоний, а на всю площадь чашки $78{,}5 \cdot 7 = 549{,}5$. Засеяно 0,5 мл воды, откуда в 1 мл содержится $549{,}5 \cdot 2 = 1099$ колоний микробов. Подсчет лучше делать на двух чашках с посевом одной и той же пробы воды и взять среднее арифметическое из них.

Для определения числа бактерий в воде может быть использован «прямой метод», основанный на использовании мембранных фильтров с последующим подсчетом микробов под микроскопом. Имеется модификация этого метода с применением фазово-контрастной микроскопии.

В воде незагрязненных и хорошо оборудованных артезианских скважин микробное число не превышает 10—30, в воде шахтных колодцев — 300—400, в воде сравнительно чистых открытых водоемов — 1000—1500 в 1 мл. В водопроводной воде при достаточной очистке и обеззараживании микробное число не должно превышать 100 в 1 мл воды.

Результаты количественного определения в воде бактерий E. coli выражают в виде коли-титра и коли-индекса.

Коли-титром называют наименьший объем исследуемой воды, в котором обнаружена кишечная палочка. Коли-индекс показывает число кишечных палочек в 1 л воды.

Ускоренный метод определения в воде кишечной палочки (по М. Г. Киченко). Метод позволяет сократить срок анализа до 20—24 ч и не только установить титр E. coli, но и дифференцировать виды выросших организмов. Исследования ведут в два этапа: посев исследуемой воды на среду накопления (пептонно-глюкозную) и выращивание на ней в течение 12 ч при температуре 42°; пересев со среды накопления (независимо от признаков роста) на агаровую среду с розоловой кислотой и выращивание в течение 12 ч при 37° (можно при 42°). Для пересева пользуются платиновой петлей с большим ушком.

Оборудование и питательные среды. Термостат, отрегулированный для поддержания температуры в пределах 42°; пробирки с газовками; платиновая (нихромовая) петля с крупным ушком; среда накопления для первичного посева; мясо-пептонный агар с розоловой кислотой.

Для подготовки среды накопления в 1000 мл водопроводной воды растворяют при нагревании 10 г пептона и 5 г поваренной соли, доводят до кипения, фильтруют и после этого добавляют 5 г (можно 2,5 г) глюкозы. Устанавливают pH среды в пределах 7,4—7,6. Разливают среду в пробирки с поплавками по 10 мл и стерилизуют в текучепаровом аппарате или в автоклаве при открытом вентиле.

Мясо-пептонный агар с розоловой кислотой готовят по следующей прописи: в 1 л мясо-пептонного агара (агара около 1%) вносят 50 мл желчи, 10 г лактозы и 1 г глюкозы. Все это смешивают при подогревании. Устанавливают pH среды в пределах 7,4—7,6. В приготовленную среду добавляют индикаторы (2 мл 1%-ного спиртового раствора бромтимолового синего и 2 мл 5%-ного свежеприготовленного спиртового раствора розоловой кислоты). Среду разливают в агглютинационные пробирки и стерилизуют при 112° в течение 20 мин. Перед посевами среду скашивают так, чтобы получилась косая поверхность и столбик ее достаточной высоты (полускошенный агар). Среда в готовом виде имеет коричнево-красный цвет. При отсутствии или недостатке бромтимолового синего среда будет иметь бледно-розовую окраску. Можно готовить среду и без добавления желчи, но она не будет давать четких показаний.

Ход определения. Исследуемую воду, взятую из источника водоснабжения в стерильную посуду, возможно быстро доставляют в лабораторию, где ее засевают в колбы и пробирки. Сравнительно чистую воду из водопроводов, благоустроенных колодцев, артезианских скважин засевают в пробирки в количестве 1 и 5 мл и в колбы в количестве 10,25 и 100 мл. Воду из открытых водоемов в зависимости от предполагаемого загрязнения засевают в пробирки в количестве 0,01; 0,1; 0,2; 0,5; 1 мл или 0,001; 0,01; 0,1 и 1 мл (путем разведения в стерильной воде). Встряхиванием пробирки или колбы воду хорошо смешивают со средой, стараясь в то же время заполнить засеянной средой весь объем опущенной пробирочки (газовки). Посевы помещают в термостат при 45° на 24 ч.

Через 24 ч делают пересев на агаровую среду с розоловой кислотой путем укола в толщу агара и проведения штриха на скошенной поверхности агара при извлечении петли. Посевы делают из всех пробирок со средой накопления независимо от признаков роста. Пробирки с посевами ставят в термостат на 12 ч (можно на 24 ч).

При осмотре пробирок в среде накопления отмечают помутнение и образование газа в маленьких пробирочках (поплавках), в пробирках с агаром — разрыв столбика и образование пены в конденсационной жидкости.

Большинство обычных сапрофитных бактерий на агаре с розоловой кислотой не растет. Если на розоловом агаре (в случаях раннего пересева) не установлен рост бактерий, а в среде накопления через 20—24 ч выявлен рост кишечной палочки (помутнение, газообразование), рекомендуется делать дополнительный посев на розоловый агар из пробирок с признаками роста.

В соответствии с ГОСТ 18963—73 для определения в воде общего числа бактерий и количества бактерий E. coli (показатели фекального загрязнения), применяют мембранные ультрафильтры. Применение таких ультрафильтров позволяет вести ускоренные исследования, так как при фильтровании определенного объема воды на поверхности фильтра приблизительно равномерно оседают и распределяются все микробы, находящиеся в данном объеме. Состав фильтров позволяет выращивать осевшие микроорганизмы непосредственно на поверхности фильтров. Колонии, вырастающие на поверхности фильтра, сохраняют присущие им видовые особенности.

При таком анализе результаты получают уже через 24 ч. По количеству выросших колоний судят о загрязненности воды.

В водопроводной воде после очистки и обеззараживания количество бактерий E. coli допускается не более трех, в воде шахтных колодцев без обеззараживания — не более 10 в 1 л.

Исследование воды на яйца гельминтов. При определении степени загрязненности воды открытых водоемов (рек, прудов, озер) яйцами гельминтов пробы воды для исследования необходимо брать выше и ниже места существующего или предполагаемого загрязнения, у берегов и вдали от них. Объем пробы — 10—15 л. Пробу воды в избранном месте надо брать постепенно: по 0,1—1 л через каждые 5 мин как с поверхности водного слоя, так и с глубины 20—50 см, а также на расстоянии 50 см от дна (с помощью батометра). Пробы воды следует брать утром, днем и вечером, а также в разные сезоны. Соблюдение этих правил отбора проб даст возможность сделать точное и объективное заключение о наличии и степени загрязнения воды яйцами и личинками гельминтов.

Исследуют пробы воды в хорошо оборудованных лабораториях с помощью специальных методов (метод Гединой и др.) и приспособлений. Наиболее простым является модифицированный метод Васильковой, с помощью которого можно проводить исследования и в полевых условиях.

Приборы, оборудование и материалы. Воронки Гольдмана; ручной насос Шнитца; колба Бунзена; микроскоп с малым увеличением; бумажные (беззольные) фильтры; 23—30%-ный раствор соляной кислоты.

Ход определения. Бумажные фильтры помещают на дно воронки, сменяя их после пропускания через прибор 0,5—1 л исследуемой воды. Разрежение воздуха в колбе для ускорения фильтрации создается ручным насосом.

Бумажные фильтры с образовавшимся на них осадком просветляют в течение 3—5 мин раствором соляной кислоты и кладут на

предметное стекло, соответствующее по размерам фильтру. Для обнаружения яиц гельминтов фильтры исследуют во влажном состоянии под малым увеличением микроскопа.

При отсутствии специального оборудования исследования воды на яйца гельминтов можно вести путем отстаивания ее в течение суток в высоких цилиндрах. Верхний слой из цилиндров сливают через сифон, стараясь не захватывать осадка. Осадок переносят в центрифужные пробирки и центрифугируют. Нижний слой жидкости из пробирок переносят каплями на предметное стекло и исследуют при малом увеличении микроскопа.

Видовую принадлежность яиц определяют в соответствии с их описаниями в учебниках и атласах по паразитологии.

Обеззараживание питьевой воды

Обеззараживание воды — освобождение ее от микроорганизмов, патогенных для животных и человека. Методы обеззараживания воды разнообразны: хлорирование, кипячение, озонирование, применение ультрафиолетового облучения, ультразвука и токов ультравысокой частоты и др.

Наиболее широкое применение нашло хлорирование воды, а из физических методов наиболее испытанным и надежным считается кипячение.

Очень эффективно обеззараживание воды ультрафиолетовым облучением, уничтожающим не только вегетативные, но и споровые формы микробов. Ультрафиолетовые лучи не оказывают влияния на состав и свойства обеззараживаемой воды, не ухудшают ее органолептических свойств. Применяется главным образом для обеззараживания подземных вод. Воду из открытых источников этим методом можно обеззараживать только после предварительного осветления. Наибольшим воздействием на микроорганизмы обладают ультрафиолетовые лучи с длиной волны 200—295 ммк. Максимальное бактерицидное действие оказывают лучи с длиной волны 254 ммк.

Источниками ультрафиолетовых лучей служат лампы, изготовленные из кварцевого или из увиолевого стекла и наполненные парами ртути или аргона. Отечественная промышленность выпускает следующие типы ламп: ртутно-кварцевые лампы ДРТ (ПРК) высокого давления с номинальной мощностью до 1000 Вт; аргоно-ртутные лампы ДБ (БУВ) низкого давления с номинальной мощностью до 60 Вт; ртутно-кварцевые дуговые лампы РКС-2,5 мощностью 2500 Вт.

Применение указанных установок проще и в 2—3 раза дешевле, чем хлорирование воды. При этом не ухудшаются вкусовые качества и химический состав воды.

Следует отметить, что наибольший коэффициент бактерицидного действия достигается при погружении источников ультрафиолетового излучения в воду. Для обеззараживания воды ультрафиолетовыми лучами разработаны автоматические установки с телеуправлением.

Хлорирование — наиболее широко распространенный, надежный, доступный и дешевый способ обеззараживания воды. Для хлорирования воды используют хлорную известь и газообразный хлор. Поступающий в воду хлор вначале взаимодействует с органическими, коллоидными и легкоокисляющимися неорганическими

веществами, содержание которых в воде определяют ее хлорпоглощаемость. Лишь после этого хлор оказывает губительное действие на бактериальную флору. При использовании хлорной извести необходимо учитывать, что содержание активного хлора в ней непостоянно. Под влиянием света, влаги, температуры и других факторов количество активного хлора в ней постепенно уменьшается. Поэтому хлорную известь перед употреблением необходимо исследовать на содержание активного хлора. Обычно в хлорной извести содержится 35% активного хлора.

Определение содержания активного хлора в хлорной извести основано на том, что в растворе хлор в присутствии кислоты вытесняет из йодистого калия эквивалентное количество свободного йода, который титруют серноватистокислым натрием (гипосульфитом).

Реактивы. 10%-ный раствор йодистого калия; 5%-ный раствор серной кислоты; 1%-ный раствор крахмала; 0,01 н. раствор гипосульфита.

Ход определения. Из разных мест бочки берут среднюю пробу извести, хорошо перемешивают и отвешивают на технических (можно аптечных) весах 1 г для анализа. Наливают в стакан 100 мл свежекипяченой (лучше дистиллированной) воды. Навеску хлорной извести переносят в фарфоровую чашку, заливают из стакана 5—10 мл воды и стеклянной палочкой хорошо размешивают, раздавливая отдельные комочки и крупинки. В чашку при помешивании добавляют небольшими порциями воду из стакана. Полученное известковое молоко переливают в колбу.

Оставшейся водой хорошо ополаскивают фарфоровую чашку и палочку и сливают в ту же колбу. Содержимое колбы хорошо размешивают, закрывают пробкой (лучше притертой) и оставляют на 1 ч для отстаивания.

Мерной пипеткой берут 1 мл отстоявшегося раствора, переносят в чистый стакан и для увеличения объема приливают 50—60 мл свежекипяченой (лучше дистиллированной) воды. В стакан добавляют 2 мл раствора йодистого калия, 1 мл раствора серной кислоты. Смесь перемешивают и оставляют в темном месте на 3 мин. Хлор в кислой среде вытесняет эквивалентное количество йода:

$$Cl_2 + 2KJ = 2KCl + J_2.$$

Из бюретки титруют содержимое колбы раствором гипосульфита до появления слабо-желтого окрашивания. После этого к смеси добавляют 1 мл крахмального клейстера. Выделившийся свободный йод окрашивает крахмал в синий цвет. Посиневшую жидкость при энергичном взбалтывании дотитровывают раствором гипосульфита до полного обесцвечивания от одной капли раствора. При этом происходит реакция:

$$J_2 + 2Na_2S_2O_3 = 2NaJ + Na_2S_4O_6.$$

Пример. 1 мл 0,01 н. раствора гипосульфита связывает 0,355 мг хлора. На титрование 1 мл приготовленного 1%-ного раствора хлорной извести пошло 8,2 мл 0,01 н. раствора гипосульфита.

$$x = \frac{8{,}2 \cdot 0{,}355 \cdot 100 \cdot 100}{1000} = 29{,}1\%,$$

где x — содержание активного хлора в исследуемой партии (пробе) хлорной извести, %; 8,2 — количество 0,01 н. раствора гипосуль-

фита, пошедшее на титрование, мл; 0,355 — количество хлора, связанное 1 мл 0,01 н. раствора гипосульфита; 100 — (первый множитель) — перевод содержания хлора в 100 мл приготовленного раствора; 100 — (второй множитель) — перевод содержания хлора в 100 г хлорной извести; 1000 — (делитель) — перевод миллиграммов в граммы.

Определение потребности в активном хлоре. При обеззараживании воды в некоторых случаях необходимо определять потребность в активном хлоре (опытное хлорирование).

Реактивы. 1%-ный раствор хлорной извести; крепкая соляная кислота; 10%-ный раствор йодистого калия; 1%-ный раствор крахмала.

Ход определения. Исследуемую воду разливают по 200 мл в три стакана. В первый добавляют пипеткой одну каплю, во второй — две, в третий — три капли 1%-ного раствора хлорной извести. Размешивают воду стеклянными палочками и оставляют на 30 мин. После этого в них добавляют по 5 капель крепкой соляной кислоты, 1 мл раствора йодистого калия и 1 мл раствора крахмала.

При наличии в воде свободного хлора вода окрасится в синий цвет. Интенсивность окраски находится в прямой зависимости от количества свободного хлора.

Для хлорирования берут дозу того стакана, в котором вода окрашена в слабо-синий цвет.

Расчет. Выверяют пипетку, которой отмеривали раствор хлорной извести, путем подсчета количества капель, содержащихся в 1 мл. Необходимое количество раствора хлорной извести на 1 л исследуемой воды рассчитывают по формуле $x = A \cdot 5/Б$, где A — число капель 1%-ного раствора хлорной извести, внесенных в стакан с 2000 мл воды; $Б$ — число капель раствора хлорной извести в 1 мл; 5 — число, на которое необходимо умножить взятый объем воды для приведения его к 1 л.

Зная дозу 1%-ного раствора хлорной извести, необходимую для обеззараживания 1 л исследуемой воды, подсчитывают общее количество раствора для обработки всего объема воды, подлежащей хлорированию.

Определение остаточного хлора в хлорированной воде. *Реактивы.* Крепкая соляная кислота; 10%-ный раствор йодистого калия; 1%-ный раствор крахмала; 0,01 н. раствор гипосульфита.

Ход определения. Наливают в стакан 200 мл хлорированной воды, добавляют 2 мл соляной кислоты, 1 мл раствора йодистого калия и 0,5 мл раствора крахмала. Посиневшую воду титруют раствором гипосульфита до полного обесцвечивания.

Расчет. Выверяют объем 1 мл пипетки в каплях, как было описано выше. Для определения остаточного хлора в 1 л хлорированной воды и необходимого для дехлорирования количества гипосульфита пользуются формулой

$$x = \frac{A \cdot 5 \cdot 0{,}355}{Б},$$

где x — количество остаточного хлора в 1 л, мг; A — число капель раствора гипосульфита, пошедшее на титрование остаточного хлора в 200 мл исследуемой воды; $Б$ — число капель в 1 мл раствора гипосульфита; 5 — число, на которое надо умножить взятый объем для приведения его к 1 л; 0,355 — количество хлора, которое связывает 1 мл 0,01 н. раствора гипосульфита, мг. При титровании из бюретки пользуются формулой $x = A \cdot 5 \cdot 0{,}355$, где A — количество 0,01 н. раствора гипосульфита; пошедшее на титрование остаточного хлора в 200 мл исследуемой воды, мл; значение x и остальных сомножителей приведено выше.

Остаточного хлора в воде допускается не больше 0,5 мг на 1 л. В противном случае воду необходимо дехлорировать, для чего обычно пользуются гипосульфитом. Количество гипосульфита, необходимое для дехлорирования избытка хлора, оставшегося из хлорной извести, устанавливают на основании данных по его титрованию, пользуясь формулой

$$x = \frac{(A \cdot 5 \cdot 0{,}355) - 0{,}5}{0{,}355} \cdot 2{,}48,$$

где A — количество 0,01 н. раствора гипосульфита, пошедшее на титрование остаточного хлора в 200 мл исследуемой воды, мл; значение x и остальных показателей приведено выше.

Дехлорировать воду можно по методу Матусевича и Зиновьева добавлением в нее 1%-ного раствора марганцовокислого калия до слабо-розовой окраски.

Определение дозы коагулянта. Воды мутные, опалесцирующие очищают путем коагуляции. Очищенная вода более полно обеззараживается при хлорировании. Для коагуляции в сельских местностях чаще применяют глинозем $Al_2(SO_4)_3$. При его добавлении происходит реакция с содержащимися в воде бикарбонатами кальция и магния по схеме:

$$Al_2(SO_4)_3 + 2Ca(HCO_3)_2 = 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2.$$

Образующийся гидрат окиси алюминия $Al(OH)_3$, осаждаясь на дне в виде хлопьевидного осадка, увлекает за собой муть, окрашивающие воду примеси и взвешенные в воде вещества, включая микроорганизмы.

Для ускорения определения оптимальной дозы коагулянта, следует предварительно определить карбонатную жесткость воды.

Реактивы и посуда. Три чисто вымытых стакана на 200 мл с метками; мерная пипетка на 5 мл; стеклянные палочки; 1%-ный раствор сернокислого алюминия — глинозема $Al_2(SO_4)_3$.

Ход определения. Для определения ориентировочной дозы коагулянта, необходимого на 200 мл воды, берут на 1° карбонатной жесткости 0,8 мл 1%-ного раствора глинозема. В стакан наливают до метки воду, предназначенную для очистки коагуляцией.

Пипеткой добавляют 1%-ный раствор глинозема (ориентировочную дозу). Например, в первый стакан при карбонатной жесткости 10° добавляют 8 мл (0,8 · 10), во второй — из расчета на 1° меньше — 7,2 (0,8 · 9), в третий на 2° меньше — 6,4 мл (0,8 · 8).

Воду с коагулянтом хорошо размешивают стеклянными палочками и оставляют в покое на 10 мин для образования видимых хлопьев. Выбирают наименьшую дозу 1%-ного раствора глинозема, при которой через 10 мин будут ясно заметны хлопья.

Если коагуляция во всех стаканах идет очень быстро, опыт повторяют с меньшими дозами коагулянта (например, при принятой жесткости брать дозы 5,6, 4,8 и 4 мл).

Расчет. При вычислении количества 1%-ного раствора глинозема для коагуляции наименьшую дозу его умножают на 5 и на количество воды, подлежащей коагуляции.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И НОРМАТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ РАЗНЫХ ВИДОВ

Микроклимат — климат определенного, ограниченного объекта, составляющий совокупность ряда факторов воздушной среды (температура, влажность, скорость движения воздуха, освещенность, атмосферное давление, уровень шума, запыленность, газовый состав, наличие микроорганизмов).

Микроклимат зависит от климатических условий местности, погодных условий, типа помещения, его ограждающих конструкций, состояния и систем вентиляции, уровня воздухообмена, отопления.

На микроклимат оказывают влияние способы содержания животных, плотность их размещения, видовой и возрастной состав животных, способы кормления, подстилочные материалы, система удаления навоза, внутреннее оборудование помещений, размещение построек, зеленые насаждения на территории фермы. При неудовлетворительном микроклимате различных животноводческих помещений хозяйства несут большие потери от заболеваний и снижения продуктивности, ухудшения воспроизводительных способностей маточного поголовья, от падежа молодняка, а также в связи с увеличением затрат корма на единицу продукции.

Владение методами зоогигиенического контроля за состоянием микроклимата животноводческих помещений при помощи специальных приборов и методов даст возможность специалистам сельского хозяйства — ветеринарным врачам и зооинженерам — контролировать и регулировать надлежащие условия содержания животных в соответствии с их физиологическими потребностями и возрастом. Допустимые пределы колебания показателей микроклимата указаны в нормах технологического проектирования и в других нормативно-рекомендательных документах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЗДУХА

Среди факторов внешней среды важнейшее значение имеют физические свойства воздуха: температура, влажность, скорость движения воздуха, атмосферное давление, солнечная радиация, ионизация воздуха. Эти свойства воздуха имеют большое гигиеническое значение, так как они влияют на многие физиологические функции организма, особенно на его тепловое состояние. Основное условие здорового климата или микроклимата закрытых помещений — их соответствие физиологическому состоянию животных, при котором не наблюдается нарушения в теплообмене и других функциях организма.

Определение температуры

Для измерения температуры воздуха в помещениях применяют ртутные, спиртовые и толуоловые термометры, термографы, полупроводниковые электротермометры и термоанемометры. Наибольшее распространение получили ртутные термометры. Это объясняется их большой точностью и возможностью применять в широких пределах (от —35 до +375° С). Спиртовые термометры менее точны, так как при температуре выше 0° спирт расширяется неравномерно. Толуоловые термометры можно применять для измерения как низких, так и высоких температур (от —95 до +110° С).

Измерять температуру воздуха можно также полупроводниковыми электротермометрами. В основу конструкции электротермометров положено использование микротермисторов, изменяющих свое электрическое сопротивление при колебаниях температуры окружающей среды в незначительных пределах. Показания электротермисторов отличаются большой точностью, но не все их конструктивные типы пригодны для работы в условиях животноводческих помещений.

Из температурных показателей воздуха в животноводческих помещениях определяется одномоментная, минимальная и максимальная температура. Соответственно этому термометры разделяются на максимальные, минимальные, комбинированные и обычные срочные.

Максимальные термометры бывают ртутные, устроенные таким образом, что сохраняют показания самой высокой температуры. Это достигается тем, что в дно резервуара впаян стеклянный штифт (стержень), второй заостренный конец которого входит в капиллярную трубку и настолько суживает ее просвет, что ртуть может переходить через него лишь при повышении температуры, когда расширяется. При понижении температуры столбик ртути не в состоянии войти обратно в резервуар и показывает бывший максимум температуры. Тем самым прибор фиксирует максимальную температуру (рис. 9).

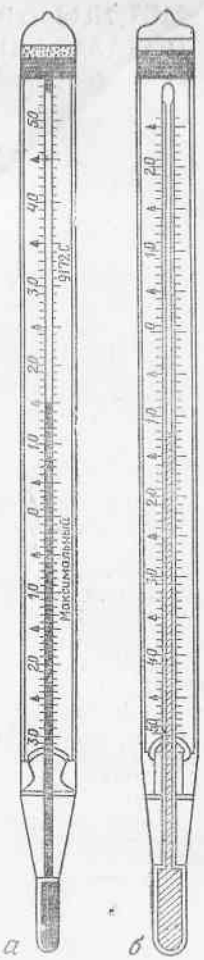


Рис. 9. Термометры:
а — максимальный;
б — минимальный.

Перед каждым определением температуры максимальный термометр необходимо встряхнуть резервуаром вниз так, чтобы ртуть в капилляре опустилась до уровня температуры воздуха. Максимальные термометры могут быть использованы для одномоментных измерений температуры воздуха. Во время измерения максимальные термометры должны находиться в горизонтальном положении.

Минимальный термометр — спиртовой прибор (плюсово-минусовый) для определения наименьшей температуры воздуха за любой промежуток времени. В капиллярной трубке термометра в спирту находится подвижный штифт из темного стекла с угол-

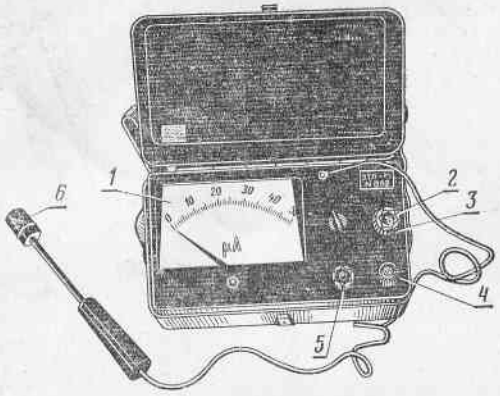


Рис. 10. Полупроводниковый термометр типа ЭТП-М:

1 — микроамперметр с измерительной шкалой; *2* — переключатель «контроль — измерение»; *3* — переключатель поддиапазонов; *4* — ручка регулировки напряжения; *5* — включатель прибора; *6* — полупроводниковый датчик температуры.

щениями на концах. Перед каждым определением температуры минимальный термометр необходимо перевернуть резервуаром вверх. Имеющийся в капилляре штифт при этом опускается до мениска спирта. Затем термометр помещают горизонтально в место измерения температуры. При ее понижении столбик спирта в капилляре укорачивается и стеклянный штифт мениском спирта перемещается в сторону резервуара, останавливаясь в положении, соответствующем минимуму наблюдавшейся температуры. Отсчет проводится по концу штифта, наиболее удаленному от резервуара термометра.

Электротермометры бывают разных конструкций и назначений. Например, полупроводниковый одноточечный термоанемометр типа ЭА-2М предназначен для измерения температуры, скорости движения воздуха и направления воздушных потоков. Диапазон измерения температуры воздуха +10+60° С, скорость движения воздуха — до 5 м/с, направления воздушных потоков — от 0° до 360°. Термоанемометр ЭА-2М представляет собой портативный переносный прибор в корпусе с крышкой. На панели расположены ручки управления элементами схемы, гнездо для подключения датчика, микроамперметр — измеритель со шкалой.

Наиболее пригоден для зоогигиенического контроля за температурой воздуха в животноводческих помещениях электротермометр типа ЭТП-М (рис. 10). Он предназначен для измерения температуры воздуха, температуры металлических поверхностей строительных материалов и ограждений. Термометр можно эксплуатировать при температуре окружающего воздуха +10°+35° С и относительной влажности — не более 80%.

При измерении температуры воздуха полупроводниковый датчик обеспечивает точные отсчеты через 3 мин, при измерении температуры поверхностей — через 40 с.

Электротермометр этого типа состоит из двух частей — вторичного измерительного регистрирующего прибора — микроамперметра и первичного — полупроводникового датчика.

На панели прибора расположены микроамперметр с измерительной шкалой, ручка регулятора напряжения, переключатель диапазонов, переключатель «контроль-измерение», включатель прибора. Чувствительный элемент первичного преобразователя — термистор типа ММТ-6.

При исследовании температуры закрытых помещений чаще всего определяют их температурный режим (показатели температуры воздуха помещения на разных уровнях и в различных направлениях по вертикали и горизонтали). Целью такого исследования является выявление перепадов температуры в различных плоскостях, обусловленных конструкцией постройки, свойствами строительных материалов, состоянием погоды, системой отопления и вентиляции в данном помещении т. д.

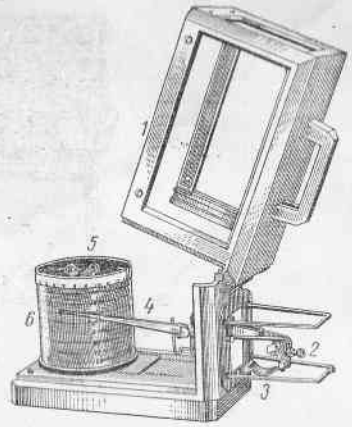


Рис. 11. Термограф типа М-16А:

1 — корпус; *2* — коррекционный винт; *3* — биметаллическая пластинка (датчик температуры); *4*—стрелка с пером; *5* — барабан с часовым механизмом; *6* — диаграммная лента.

Температуру воздуха измеряют три раза в сутки в одно и то же время в трех зонах по вертикали; а) в коровниках — 0,5 и 1,2 м от пола, 0,6 м от потолка; б) в свинарниках — 0,3 и 0,7 м от пола, 0,6 м от потолка; в) в птичниках при напольном содержании — 0,2 и 1,5 м от пола, 0,6 м от потолка. При клеточном содержании птицы точки замеров выбирают в проходах между батареями и в зоне клеток нижнего, среднего и верхнего ярусов. Время наблюдений — утром до начала работ обслуживающего персонала, днем, вечером и периодически в 4 ч ночи. Точки измерения — середина помещения и два угла по диагонали на расстоянии 0,8 и 1,5 м от стен.

Для наблюдений за изменениями температуры воздуха используют самопишущие приборы — термографы (как правило, типа М-16А).

Термограф состоит из следующих основных узлов: датчика температуры — биметаллической пластинки, состоящей из двух спаянных изогнутых металлических пластинок, имеющих различные температурные коэффициенты; передаточного механизма (рычаг, тяга, регулятор и ось); регистрирующей части (стрелка с пером и барабан с часовым механизмом) и пластмассового корпуса (рис. 11). Действие прибора основано на свойстве биметаллической пластинки изменять радиус изгиба при изменениях температуры окружающего воздуха. Изменения в кривизне биметаллической пластинки передаются стрелке с писчиком-пером, которая поднимается или опускается. В результате на диаграммной бумажной ленте, надетой на барабан, получается непрерывная графическая запись температуры

(термограмма). Диаграммная лента разграфлена по вертикали параллельными линиями с ценой деления 1° С, а по горизонтали — с ценой деления, которое соответствует продолжительности времени оборота барабана: 15 мин — для суточных и 2 ч — для недельных термографов.

Имеются также термографы, в которых для учета измерений температуры окружающего воздуха имеется пологая изогнутая металлическая коробка, наполненная спиртом. Один конец ее укреплен неподвижно, а другой соединен при помощи рычагов со стрелкой. На конце последней имеется перо призматической формы, наполненное до половины трудно высыхающими и незамерзающими чернилами (с добавлением глицерина). При повышении температуры коробка разгибается, при понижении — сгибается. Эти движения передаются стрелке с пером, которое вычерчивает на ленте ход температуры воздуха в виде кривой. Погрешность записи термографа ±1° при изменении температуры на 10°.

Запись на ленте является относительной. Для получения истинной величины температуры воздуха по термографу в нужный момент времени диаграмму подвергают специальной обработке, сравнивая ее с показаниями точного ртутного термометра. По термограмме можно определить общий характер изменений температуры в любой момент времени оборота барабана, максимальную и минимальную, а также суточную или недельную амплитуду температур. Точность регистрации времени для суточных термографов равна ±5 мин; для недельных ±30 мин.

Перед началом работы на барабан термографа надевают ленту, на которую предварительно (на обратной стороне начала ленты) наносятся дата, время, номер, точки измерения и др. Ленту надевают с таким расчетом, чтобы ее левый край заходил на правый в месте расположения закрепляющей пружины. После этого в перо добавляют 1—2 капли невысыхающих чернил и кончик его с помощью специального регулировочного винта устанавливают на определенном делении ленты по расположенному в точке измерения контрольному ртутному термометру и времени. Проверяют качество записи. Часовой механизм барабана заводят, вращая ключ в направлении, указанном в верхней части барабана. Работающий термограф устанавливают строго горизонтально.

Определение влажностных показателей. К этим показателям относятся абсолютная, относительная и максимальная влажность, дефицит насыщения и точка росы.

Абсолютная влажность — количество водяных паров, выраженное в граммах в 1 м³ воздуха или упругость водяных паров, выраженная в миллиметрах ртутного столба в данный момент и при данной температуре.

Относительная влажность — отношение величины абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах. В практике зоогигиенических обследований этой величиной пользуются чаще всего. Из всех гигрометрических показателей воздуха непосредственно приборами определяется только относительная влажность.

Максимальная влажность — выраженное в граммах количество водяных паров насыщающих до предела 1 м³ воздуха, или упругость водяных паров, выраженная в давлении миллиметров ртутного столба при определенной температуре. Максимальная влажность находится по таблице 76 с учетом температуры.

Дефицит насыщения (дефицит влажности) — разность между максимальной и абсолютной влажностью. Дефицит насыщения показывает, насколько абсолютная влажность близка к максимальной. Чем дефицит насыщения больше, тем воздух суше, и наоборот.

Точка росы — температура, при которой водяные пары достигают максимального насыщения и переходят в жидкое состояние, оседая на холодных поверхностях ограждений. Сведения о точках росы определяются по имеющейся температуре и по найденной абсолютной влажности (табл. 76).

Для определения абсолютной или относительной влажности воздуха применяют психрометры, гигрометры и гигрографы.

Определение влажности воздуха психрометрами. При помощи психрометров устанавливают абсолютную влажность воздуха, затем вычисляют, применяя специальные формулы относительную влажность, и по таблице максимальной упругости водяных паров — дефицит насыщения и точку росы. Приблизительно относительную влажность определяют по специальным таблицам.

Психрометры бывают нескольких типов. В практике зоогигиенических исследований чаще пользуются статическим психрометром без вентилятора и аспирационным с вентилятором (реже пращевым и электрическим).

Психрометр статический (бытовой) Августа состоит из «сухого» и «влажного» термометров, помещаемых на расстоянии 5 см один от другого. Резервуар последнего плотно обвязан куском батиста, свободный конец которого погружен в стаканчик с чистой (лучше дистиллированной или кипяченой водой). Батист по законам капиллярности непрерывно смачивается и увлажняет шарик термометра. Испарение воды с поверхности шарика влажного термометра вызывает потерю тепла, в результате последний показывает более низкую температуру, чем сухой термометр. Разница будет тем больше, чем сильнее испарение воды с поверхности шарика (суше воздух).

Существенное влияние на испарение оказывает также движение воздуха в момент определения влажности. Чем интенсивнее токи воздуха, тем быстрее испаряется вода с поверхности спиртового шарика влажного термометра и тем, следовательно, ниже показание температуры. Разность температур обоих термометров дает возможность вычислить абсолютную влажность воздуха.

Психрометр устанавливают с предварительно смоченным влажным термометром в точке наблюдения, ограждая от источников лучистой энергии и случайных движений воздуха. Продолжительность наблюдения — 10—15 мин с момента установки психрометра в помещении. Для расчета абсолютной влажности пользуются формулами Ренье: $q=Q-\alpha(t_1^0-t_2^0)B$ (расчет в граммах) и $e=E-\alpha(t_1^0-t_2^0)\cdot B$ (расчет в миллиметрах ртутного столба), где q и e — искомая абсолютная влажность, г/м³ или мм ртутного столба; Q и E — максимальная влажность, г/м³ или мм ртутного столба (находят по таблице); α — психрометрический коэффициент (значение α для неподвижного воздуха — 0,00128, для подвижного — 0,0011, для свободной атмосферы — 0,00074); t_1^0 — температура «сухого» термометра, °С; t_2^0 — температура «влажного» термометра, °С; B — барометрическое давление в момент исследования.

76. Плотность насыщения водяных паров при различных температурах, г/м³

Целые градусы	Десятые доли градусов									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
—5	3,16	3,13	3,11	3,09	3,06	3,04	3,02	2,99	2,97	2,95
—4	3,40	3,38	3,35	3,33	3,30	3,28	3,25	3,23	3,21	3,18
—3	3,67	3,64	3,62	3,59	3,56	3,53	3,51	3,48	3,46	3,43
—2	3,95	3,92	3,89	3,86	3,84	3,81	3,78	3,75	3,72	3,70
—1	4,26	4,22	4,19	4,16	4,13	4,10	4,07	4,04	4,01	3,98
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,78	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,23	5,37	5,41	5,45	5,49	5,52	5,56	5,60	5,64
3	5,68	5,72	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,96
6	7,01	7,06	7,11	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,56	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,04	8,10	8,16	8,21	8,47	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,84	8,90	8,96	9,02	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,58	9,65	5,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,74	10,80	10,87	10,94	11,01	11,08	11,16
13	11,23	11,30	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,20	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,67	16,79	16,89	17,00	17,10	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,08	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,76	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,56	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,84	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,78	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	25,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,18
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,52	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,74	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,86	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,41	41,71	41,94

77. Психрометрическая таблица для температур от 0° до +25 °С по влажному термометру

Показания влажного термометра, °С	Разность показаний сухого и влажного термометров, °С																				
	0	0,5	1,0	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
0	100	90	81	73	64	57	50	43	36	33	26	20	16	11	7	3					
1	100	90	82	74	66	59	52	45	39	33	29	23	19	16	11	7					
2	100	90	83	75	67	61	54	47	42	35	31	26	23	18	14	10					
3	100	90	84	77	69	63	56	49	44	39	34	29	20	21	17	13	10				
4	100	91	84	77	70	64	57	51	46	41	36	32	28	24	20	16	14	11			
5	100	91	85	78	71	65	59	54	48	43	39	34	30	27	23	19	17	13	10		
6	100	92	85	78	72	68	61	56	50	45	41	35	33	29	26	22	19	16	13	10	
7	100	92	86	79	73	70	62	57	52	47	43	39	35	31	28	25	22	18	15	12	11
8	100	92	86	80	74	71	63	58	54	49	45	41	37	33	30	27	25	21	18	15	14
9	100	93	86	81	75	72	65	60	55	51	47	43	39	35	32	29	27	24	21	18	17
10	100	94	87	82	76	73	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19
11	100	94	88	82	77	73	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	100	94	88	82	78	74	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	25	22
13	100	94	88	82	78	75	68	63	59	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	24
14	100	94	89	83	79	75	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29	26
15	100	94	89	84	80	76	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
16	100	95	90	84	80	76	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
17	100	95	90	84	81	77	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	40	39	36	34	31
18	100	95	90	85	81	78	74	69	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
19	100	95	91	85	82	78	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
20	100	95	91	86	82	79	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43	40	38	36
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41	39	37
22	100	95	91	87	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	43	41	39
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	43	40
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54	52	50	47	45	44	42

78. Для определения относительной влажности по аспирационному психрометру Ассмана (извлечение)

T° по сухому термометру	Температура по влажному термометру (в градусах Цельсия)										
	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
14,0	17	21	25	29	33	38	42	46	51	56	60
14,5	14	18	22	26	30	35	39	43	47	52	56
15,0		16	20	23	27	32	36	40	44	48	52
15,5		13	17	21	25	29	32	37	41	45	49
16,0			15	18	22	26	30	34	37	42	46
16,5			12	16	20	23	27	31	34	38	42
17,0				14	17	21	24	28	32	36	39
17,5					15	19	22	25	29	33	36
18,0					13	16	20	23	27	30	34
18,5						14	17	21	24	28	31
19,0							15	19	22	25	29
19,5							13	17	20	23	26
20,0								15	18	21	24
20,5									16	19	22
21,0									14	17	20
21,5										15	18
22,0										13	16
22,5											14
23,0											13

Температура по влажному термометру (в градусах Цельсия)									
10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0
65	70	74	79	84	90	95	100		
61	65	70	75	80	85	90	95	100	
57	61	66	71	75	80	85	90	95	100
53	58	62	66	71	76	80	85	90	95
50	54	58	63	67	71	76	81	85	90
46	50	55	59	63	67	72	76	81	86
43	47	51	55	59	64	68	72	77	81
40	44	48	52	56	60	64	68	73	77
37	41	45	49	53	56	61	65	69	73
35	38	42	46	49	53	57	61	65	69
32	36	39	43	46	50	54	58	62	66
30	33	36	40	43	47	51	54	58	62
27	30	34	37	41	44	48	52	55	59
25	28	31	35	38	41	45	48	52	56
23	26	29	32	36	39	42	46	49	53
21	24	27	30	33	36	40	43	46	50
19	22	25	28	31	34	37	40	44	47
17	20	23	26	29	32	35	38	41	44
16	18	21	24	27	30	33	36	39	42

Т° по сухому термометру	Температура по влажному термометру (в градусах Цельсия)							
	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0
14,0								
14,5								
15,0								
15,5	100							
16,0	95	100						
16,5	90	95	100					
17,0	86	90	95	100				
17,5	81	86	91	95	100			
18,0	77	82	86	91	95	100		
18,5	73	78	82	86	91	95	100	
19,0	70	74	78	82	86	91	95	100
19,5	66	70	74	78	82	87	91	95
20,0	63	66	70	74	78	83	87	91
20,5	59	63	67	71	75	79	83	87
21,0	56	60	64	67	71	75	79	83
21,5	53	57	60	64	68	71	75	79
22,0	50	54	57	61	64	68	72	76
22,5	48	51	54	58	61	65	68	72
23,0	45	48	51	55	58	62	65	69

Продолжение

Температура по влажному термометру (в градусах Цельсия)								Т° по сухому термометру
19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	
								14,0
								14,5
								15,0
								15,5
								16,0
								16,5
								17,0
								17,5
								18,0
								18,5
								19,0
100								19,5
96	100							20,0
91	96	100						20,5
87	91	96	100					21,0
83	87	92	96	100				21,5
80	84	88	92	96	100			22,0
76	80	84	88	92	96	100		22,5
72	76	80	84	88	92	96	100	23,0

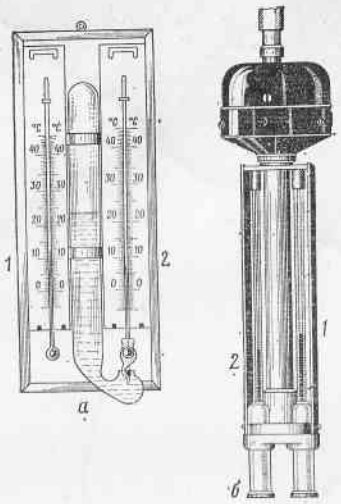


Рис. 12. Психрометры:

а — статический; *б* — аспирационный; *1* — «сухой» термометр; *2* — «влажный» термометр.

Если наблюдения проводятся в помещениях, где воздух движется равномерно со средней скоростью 0,2 м/с, то можно пользоваться таблицей, в которой по температуре сухого и влажного термометров находят искомую относительную влажность. Такие таблицы прилагаются к каждому психрометру (табл. 77).

Аспирационный психрометр Ассмана типа МВ-4М (рис. 12). С помощью этого прибора можно очень точно измерить температуру и влажность воздуха в помещении. Поэтому психрометр Ассмана применяют для установки и выверки термографов и гигрографов. Прибор состоит из двух одинаковых ртутных термометров, закрепленных в специальной оправе, и расположенного между ними аспиратора. Оба термометра к началу измерения показывают одинаковую температуру.

Ртутные резервуары термометров помещены в двойные металлические гильзы с воздушной прослойкой для защиты от действия лучистой теплоты и фибровыми кольцами для устранения влияния теплопроводности оправы. Верхняя часть прибора заключает в себе электромоторчик, питающийся от электросети, или часовую пружину с ключом для завода и системой шестеренок, связанных с маленьким вентилятором.

Перед работой батистовую обертку влажного термометра смачивают дистиллированной водой из специальной пипетки с резиновой грушей. При продолжительных измерениях увлажнение нужно проводить повторно. Перед каждым измерением необходимо завести часовой механизм, приводящий в действие вентилятор. Вентилятор обеспечивает постоянную скорость движения воздуха у резервуаров термометра в пределах 2 м/с. Сухой термометр будет показывать температуру этого воздушного потока, а показания смоченного термометра будут ниже, так как он будет охлаждаться вследствие испарения воды с поверхности батиста. Влажность воздуха определяют по разнице показаний обоих термометров по специальным психрометрическим таблицам или вычисляют по приводимой ниже формуле.

Для определения влажности психрометр подвешивают в исследуемой точке. Показания с него снимают летом через 4—5 мин после пуска вентилятора, зимой — через 15—20 мин (в последнем случае вентилятор заводят дважды). Прибор не держат в руках, а подвешивают на какой-либо стойке.

Абсолютную влажность при работе с аспирационным психрометром вычисляют по формуле

$$e = E - \left[0{,}5\left(t_1^0 - t_2^0\right)\frac{B}{1006}\right],$$

где e — искомая абсолютная влажность; E — максимальная влажность при температуре влажного термометра (берется из таблицы); 0,5 — постоянный психрометрический коэффициент; t_1^0 — температура сухого термометра; t_2^0 — температура влажного термометра; B — барометрическое давление в момент исследования; 1006 — среднее барометрическое давление, ГПа.

Для определения относительной влажности по аспирационному психрометру можно пользоваться таблицей 78, в которой в первом вертикальном столбце находят показания сухого термометра в момент наблюдения, в верхнем горизонтальном ряду — показания влажного термометра. Относительную влажность в процентах находят в месте пересечения горизонтальной и вертикальной линии. Таблица пригодна для работы в помещениях и на открытом воздухе, однако получаемые результаты менее точны, чем вычисленные по формуле. Диапазон измерения относительной влажности психрометрами от 10 до 100% при температуре воздуха от —10 до +50° С. Погрешность измерения относительной влажности психрометров ±5%. Психрометры используются также для определения одномоментных показаний температуры воздуха от —30 до +50° по сухому термометру.

Гигрограф типа М-21А (рис. 13) служит для непрерывного наблюдения за изменениями относительной влажности воздуха в пределах 60—100% в течение суток или недели в интервале температур от —35° до +45°. Воспринимающей частью прибора является пучок из 35—40 обезжиренных человеческих волос длиной около 20 см, натянутых на раму и закрепленных с обоих концов. При изменении относительной влажности воздуха увеличивается или уменьшается длина пучка волос. Эти колебания с помощью передаточного механизма вызывают перемещение стрелки с пером по диаграммной ленте. Регистрирующая часть прибора такая же, как и у термографа. Методика установки прибора в рабочее положение такая же, как и термографа. Гигрограф не является абсолютно точным прибором, и поэтому правильность записи на ленте периодически (раз в трое суток) следует проверять при помощи аспирационного психрометра. Порядок и правила измерения относительной влажности воздуха такие же, как и температуры. Достоинством гигрографа является возможность определения влажности при низких температурах.

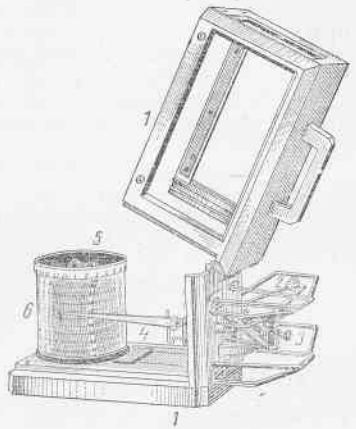


Рис. 13. Гигрограф типа М-21А:

1 — корпус; *2* — датчик (пучок обезжиренных волос); *3* — корректионный винт; *4* — стрелка с пером; *5* — барабан с часовым механизмом; *6* — диаграммная лента.

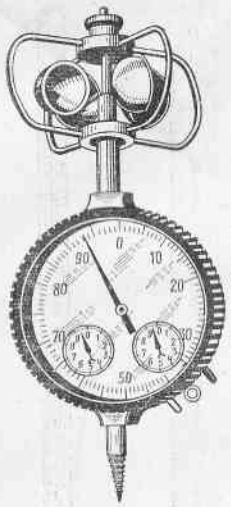


Рис. 14. Анемометр ручной чашечный МС-13.

Относительную влажность и другие гигрометрические величины в помещениях определяют в тех же точках и зонах и в то же время, что и температуру воздуха.

Определение скорости движения. Скорость движения воздуха в помещениях и в приземном слое атмосферы определяется с помощью анемометров, кататермометров и полупроводниковых термоанемометров.

Анемометры — приборы для определения больших скоростей движения воздуха в пределах от 0,3 до 30 и 50 м/с. Существует несколько типов этих приборов.

Анемометр чашечный МС-13 (рис. 14) используется главным образом для метеорологических наблюдений в свободной атмосфере и позволяет измерить скорость ветра в пределах 1—50 м/с. Верхняя его часть состоит из крестовины с четырьмя полыми полушариями, обращенными выпуклостью в одну сторону. Под влиянием давления на полушарии движущегося воздуха начинает вращаться ось. Каждый оборот передается на зубчатые колеса, оси которых снабжены стрелками и выведены на поверхность коробки. Циферблат прибора имеет три шкалы. На большой шкале нанесено 100 делений, на двух малых — по 10. Один оборот большой стрелки соответствует одному делению левой малой стрелки и соответственно один оборот левой малой стрелки — одному делению правой малой. Большая стрелка анемометра перемещается на одно деление при трех оборотах крестовины.

Сбоку циферблата имеется небольшая петля-рычажок (арретир), позволяющая включать или выключать счетчик оборотов стрелок.

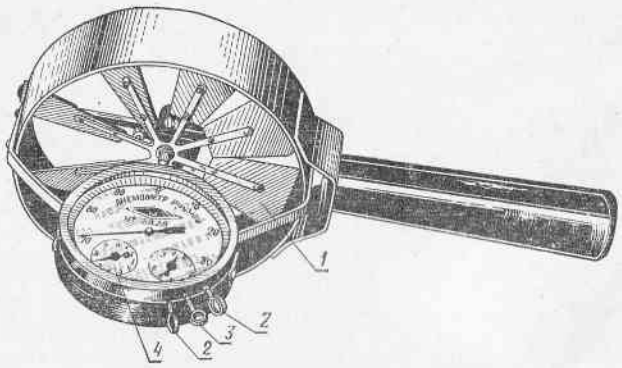


Рис. 15. Крыльчатый ручной анемометр типа АСО-3:
1 — крыльчатка (ветроприемник); *2* — ушки; *3* — арретир; *4* — шкала.

Перед проведением измерения скорости движения воздуха записывают начальные показания счетчика по всем трем стрелкам на циферблате, начиная со шкалы «1000» (при расположении стрелок между двумя цифрами учитывается меньшая). Анемометр устанавливают вертикально, чтобы циферблат был обращен к наблюдателю. Дают чашечкам вращаться 1—2 мин вхолостую и затем включают счетчик анемометра и секундомер. Наблюдения проводят в течение 10 мин, после чего механизм выключают и записывают конечные показания счетчика. Разница в показаниях между вторым и первым отсчетами покажет число оборотов, пройденных воздушным потоком за период наблюдения. Найденное число оборотов делят на количество секунд работы анемометра, определяя число оборотов в 1 с. Затем по графику, прилагаемому к каждому прибору, находят скорость движения воздуха, м/с.

Анемометр крыльчатый (ручной) типа АСО-3 (рис. 15) отличается большой чувствительностью. Он пригоден для измерения скорости движения воздуха в пределах от 0,3 до 5 м/с. Кроме применения для измерения скорости движения в обычных условиях, он используется при обследовании вентиляции помещений, в этом случае продолжительность наблюдения сокращается до 3—4 мин. В крыльчатом анемометре воспринимающей частью является колесико с легкими алюминиевыми крыльями, заключенными в широкое металлическое кольцо (диффузор). Передача вращения колесика стрелками циферблата аналогична системе чашечного анемометра. Прибор устанавливают крыльчаткой навстречу потоку ветра. Порядок работы с анемометром такой же, как и с чашечным.

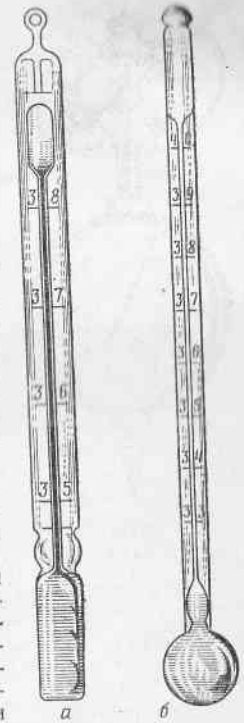


Рис. 16. Кататермометры:
а — цилиндрический; *б* — шаровой.

К прибору прилагаются два графика, с помощью которых определяется скорость воздушного потока, м/с. Крыльчатый анемометр не следует использовать для измерения скорости выше 5 м/с.

Кататермометр — прибор для определения малых скоростей движения воздуха внутри помещения (рис. 16). Он непосредственно определяет скорость охлаждения прибора, зависящую от температуры, влажности и скорости движения окружающего воздуха. Он позволяет учесть суммарное воздействие температуры, влажности и подвижности воздуха в их различных комбинациях между собой, при которых изменение какого-либо одного фактора может коренным образом изменить величину теплоотдачи.

Прибор представляет собой спиртовой термометр особого устройства с двумя резервуарами, соединенными капиллярной трубкой. Нижний резервуар прибора может быть цилиндрическим (поверхность резервуара 22,6 см²) или шаровидным (поверхность 27,3 см²). Нижний резервуар прибора заполнен окрашенным спиртом, верхний — пустой.

Шкала цилиндрического кататермометра градуирована от 35 до 38°, шарового кататермометра — от 33 до 40°. На тыльной стороне каждого кататермометра обозначен его фактор F, который характеризует теплопотери в милликалориях с 1 см² поверхности спиртового резервуара нагретого прибора при охлаждении его от 38 до 35°. Фактор устанавливается для каждого прибора при изготовлении его на заводе.

Вначале определяют охлаждающую способность воздуха, для чего спиртовой резервуар прибора погружают в горячую воду с температурой 70—75° С и выдерживают до исчезновения разрывов в капилляре и заполнения спиртом резервуара. После этого цилиндрический прибор насухо вытирают и вешают на штативе или держат на вытянутой руке в месте наблюдения. С помощью секундомера определяют время опускания в капилляре спирта от 38 до 35°. Измерения повторяют 2—3 раза и вычисляют среднее значение. Вычисление величины охлаждения кататермометра в милликалориях с 1 см² поверхности резервуара в секунду проводят по формуле

$$H = \frac{F}{a},$$

где H — искомая величина охлаждения, мкал (индекс); F — фактор прибора, постоянная величина; a — время в секундах, за которое столбик спирта опустился с 38 до 35°.

Пример. $F=567$, скорость снижения столбика спирта 80 с. Откуда $H=567/80=7{,}1$ мкал/с.

Зная индекс кататермометра (H) и температуру окружающей среды в момент исследования, находят величину Q — разница между средней температурой крайних показаний кататермометра $(38+35)/2=36{,}5$° С и температурой окружающей среды в момент исследования.

Пример. Средняя температура кататермометра 36,5° С, температура окружающего воздуха 18,5° С. Отсюда

$$Q = \frac{38^\circ + 35^\circ}{2} - 18{,}5^\circ\,\text{C} = 36{,}5^\circ - 18\ 5^\circ = 18^\circ\,\text{C}.$$

Далее находим частное от деления

$$\frac{H}{Q} = \frac{7{,}1}{18} = 0{,}39.$$

Определив величину от деления H на Q по таблице 79, находят скорость движения воздуха в метрах в секунду. Из таблицы видно, что величине 0,39 соответствует скорость движения воздуха по цилиндрическому кататермометру 0,226 м/с.

Порядок работы с шаровым кататермометром такой же. Этот прибор применяется в более широком диапазоне температур. При определении им скорости движения воздуха наблюдение за охлаждением следует проводить в пределах тех интервалов температур, сумма которых, разделенная на 2, давала бы частное 36,5° С. Например, можно брать следующие интервалы: от 40 до 33, от 39 до 34, от 38 до 35° С. Если наблюдения за охлаждением ведут от 38 до 35° С, то для вычисления охлаждающей способности воздуха пользуются приведенной выше формулой для цилиндрического кататермометра. При наблюдении за падением спиртового столба от 40 до 33° или от 39 до 34° вычисления проводят по формуле

$$H = \frac{\Phi\,(T_1 - T_2)}{a},$$

где Φ — константа кататермометра, мкал/см²/° С ($\Phi=F/3$); T_1—T_2 — показания температуры, при которой определяют время охлаждения (от 40 до 33° С и от 39 до 35° С); a — время падения спиртового столба, с.

Пример. Фактор прибора $F=645$. Константа $\Phi=645/3=215$. Скорость падения спиртового столба от 40 до 33°—220 с. Отсюда

$$H = \frac{215\,(40-33)}{220} = 6{,}85\ \text{мкал/с}.$$

Время охлаждения в одной точке определяют не менее 3—5 раз, первое измерение отбрасывают, а из последующих вычисляют среднее значение.

Скорость движения воздуха по шаровому кататермометру также можно определить по специальной таблице для этого прибора по величине отношения H/Q. Скорость движения воздуха можно определить с помощью эмпирических формул. При этом нужно знать величину охлаждающей способности воздуха и разность между средней температурой прибора и температурой исследуемого воздуха. Если частное от деления H/Q меньше цифры 0,6, расчет ведется по первой формуле (скорость <1 м/с):

$$V = \left[\frac{\left(\frac{H}{Q} - 0{,}20\right)}{0{,}40}\right]^2. \qquad (1)$$

Если H/Q равно или больше 0,6, расчет ведется по второй формуле (скорость >1 м/с):

$$V = \left[\frac{\left(\frac{H}{Q} - 0{,}13\right)}{0{,}27}\right]^2, \qquad (2)$$

где V — искомая скорость движения воздуха, м/с; H — индекс кататермометра (охлаждающая способность воздуха); Q — разность между средней температурой прибора и температурой исследуемого воздуха; 0,20; 0,40; 0,13; 0,47 — эмпирические коэффициенты.

Охлаждающую способность воздуха определяют в тех же точках и зонах, в то же время, что и температуру воздуха, направления воздушных потоков и температуры воздуха.

Полупроводниковый термоанемометр типа ЭЛ—2М предназначен для измерения скорости движения воздуха, направления воздушных потоков и температуры воздуха.

Измерение скорости воздушного потока прибором основано на измерении температуры и сопротивления подогреваемого термосопротивления, помещенного в поток воздуха, в зависимости от величины его скорости. Диапазон измерения скорости движения воздуха от 0 до 5 м/с и направления воздушных потоков от 0 до 360°.

Для точного определения скорости движения воздуха наблюдение в одной точке проводят 2—3 раза. Точки измерения: в зоне размещения животных — середина и торцовые стороны помещения. Зо-

79. Скорость движения воздуха

H/Q	Скорость, м/с по кататермометру		H/Q	Скорость, м/с по кататермометру	
	цилиндрическому	шаровому		цилиндрическому	шаровому
0,29	0,051	0,00	0,61	1,04	1,04
0,30	0,063	0,011	0,62	1,09	1,09
0,31	0,076	0,0231	0,63	1,13	1,12
0,32	0,090	0,035	0,64	1,18	1,14
0,33	0,106	0,05	0,65	1,22	1,18
0,34	0,122	0,07	0,66	1,27	1,22
0,35	0,141	0,076	0,67	1,32	1,27
0,36	0,160	0,09	0,68	1,37	1,31
0,37	0,181	0,11	0,69	1,42	1,36
0,38	0,203	0,13	0,70	1,47	1,40
0,39	0,226	0,15	0,71	1,52	1,45
0,40	0,250	0,17	0,72	1,58	1,49
0,41	0,276	0,19	0,73	1,63	1,54
0,42	0,303	0,21	0,74	1,68	1,58
0,43	0,331	0,23	0,75	1,74	1,62
0,44	0,360	0,25	0,76	1,80	1,67
0,45	0,391	0,28	0,77	1,85	1,72
0,46	0,423	0,31	0,78	1,91	1,76
0,47	0,456	0,34	0,79	1,98	1,81
0,48	0,490	0,37	0,80	2,03	1,86
0,49	0,526	0,40	0,81	2,06	1,91
0,50	0,563	0,44	0,82	2,16	1,95
0,51	0,601	0,48	0,83	2,22	2,00
0,52	0,640	0,52	0,84	2,28	2,05
0,53	0,681	0,56	0,85	2,34	2,08
0,54	0,723	0,60	0,86	2,41	2,11
0,55	0,766	0,69	0,87	2,48	2,17
0,56	0,810	0,74	0,88	2,54	2,22
0,57	0,856	0,78	0,89	2,61	2,28
0,58	0,903	0,90	0,90	2,63	2,34
0,59	0,951	0,96	0,91	2,75	2,39
0,60	1,000	1,00	0,92	2,82	2,45

80. Нормативы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в помещениях для животных

Помещения	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Для крупного рогатого скота			
Родильное отделение	16—18	70	0,3—0,5
Привязное, беспривязно-боксовое содержание и молодняк (старше года)	8—10	70	0,5—1,0
Помещения для беспривязного содержания (на подстилке)	5—8	70	0,3—0,5
Профилакторий для телят (до 20 дней)	17—20	70	0,1—0,5
Помещение для выращивания телят (20—60 дней)	15—17	70	0,1—0,5
Помещение для доращивания телят (60—120 дней)	12—15	70—75	0,2—1,0
Помещения для молодняка 4—12 мес	10—12	70—75	0,3—1,2
Для свиней			
Для холостых, супоросных маток и хряков	10—16	75	0,3—1,0
Для опороса и поросят до 4 мес	12—22	70	0,1—0,6
Для откорма	12—16	75	0,3—1,0
Для овец			
Для баранов, маток, молодняка после отбивки и валухов	5—8	75—80	0,5—1,0
Тепляки и родильные отделения	10—15	75	0,2—0,5
Для лошадей			
Для взрослых животных	4—6	75	0,3—0,5
Для молодняка	6—10	70	0,2—0,3
Для птицы			
Взрослая птица:			
куры	12—16	60—70	0,3—0,6
индейки	12—16	60—70	0,3—0,6
утки	7—14	70—80	0,5—0,8
гуси	10—15	70—80	0,5—0,8
Молодняк кур в возрасте, дни:			
1—30	35—22	60—70	0,2—0,3
31—60	20—18	60—75	0,2—0,5
61—150	16—14	60—70	0,2—0,5
151—210	16—12	60—70	0,2—0,5

ны измерения по вертикали те же, что и при измерении температуры и влажности.

Нормативы скорости движения воздуха в животноводческих помещениях даны в таблице 80.

Определение атмосферного давления

Нормальное атмосферное давление — это 760 мм рт. ст, что соответствует 101 300 Па, или 1013 ГПа. Такое давление наблюдается на уровне моря при температуре сухого воздуха 0° С. Атмосферное давление зависит от высоты над уровнем моря, влажности, температуры воздуха. Поэтому в различных климатических зонах оно неодинаково.

Величины атмосферного давления в миллиметрах ртутного столба и гектапаскалях даны в таблице 81.

Атмосферное давление измеряют барометрами и барографами. Различают два типа барометров: ртутные и металлические. Метал-

81. Величины атмосферного давления, мм рт. ст. и ГПа

Мм рт. ст.	ГПа	Мм рт. ст.	ГПа	Мм рт. ст.	ГПа	Мм рт. ст.	ГПа
725	966	739	985	753	1004	767	1022
726	968	740	986	754	1005	768	1024
727	969	741	988	755	1006	769	1025
728	970	742	989	756	1008	770	1026
729	972	743	990	757	1009	771	1028
730	973	744	992	758	1010	772	1029
731	974	745	993	759	1012	773	1030
732	976	746	994	760	1013	774	1032
733	977	747	996	761	1014	775	1033
734	978	748	997	762	1016	776	1034
735	980	749	998	763	1017	777	1036
736	981	750	1000	764	1018	778	1037
737	982	751	1001	765	1020	779	1038
738	984	752	1002	766	1021	780	1040

лические барометры типа БАММ менее точны, чем ртутные, но более удобны в работе.

Портативные барометры-анероиды типа БАММ применяются при зоогигиенических исследованиях (рис. 17).

Важнейшая часть барометра-анероида — полая тонкостенная металлическая коробка с гофрированным дном и крышкой или тонкостенная плоская трубка, согнутая в виде подковы, из которых выкачен воздух (до 50—60 мм рт. ст.). Колебания атмосферного давления сдавливают или выпячивают стенки коробки, разгибают или сгибают концы трубки. Эти изменения через систему рычагов передаются стрелке, движущейся по циферблату, разделенному на миллиметровые или полумиллиметровые деления.

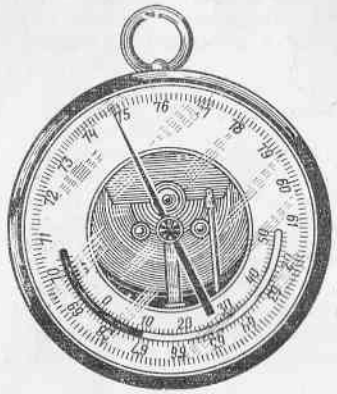


Рис. 17. Барометр-анероид.

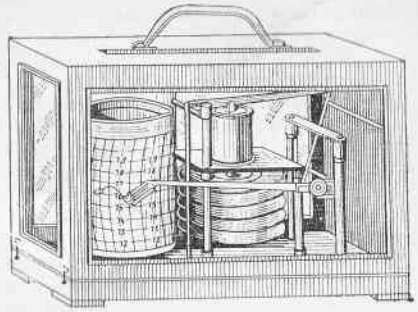


Рис. 18 Барограф.

Барограф типа М-22А применяется для длительных наблюдений за изменением атмосферного давления (рис. 18). Главнейшая его часть — тонкостенная металлическая коробка с разреженным воздухом, воспринимающая изменения давления воздуха так же, как в барометре-анероиде. Через систему рычагов изменения положения стенок коробки передаются на стрелку с писчиком. На разграфленной ленте барабана так же, как и у термографа писчик вычерчивает кривую колебаний атмосферного давления за сутки или за неделю.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ЗА ОСВЕЩЕННОСТЬЮ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Различают освещенность естественную, искусственную и комбинированную.

Определение естественной освещенности. Для оценки естественной освещенности животноводческих помещений применяют геометрический (косвенный) и светотехнический (прямой) методы.

По геометрическому методу нормы естественного освещения определяют путем вычисления светового коэффициента — отношения площади остекления к площади пола.

Пример. Площадь пола 500 м², суммарная площадь остекления 50 м². Световой коэффициент

$$\frac{50}{500} = \frac{1}{10}.$$

Этот способ недостаточно точен, так как не характеризует при одном и том же световом коэффициенте равномерность освещения площади здания.

Показатели светового коэффициента учитывают только при проектировании животноводческих построек. Для более точного определения освещенности животноводческих помещений естественным светом лучше использовать светотехнический метод, заключающийся

в определении коэффициента естественной освещенности (КЕО) — отношение освещенности точки, находящейся в помещении, к одновременной освещенности горизонтальной плоскости, расположенной вне помещения под открытым небом.

Измерение освещенности. Для определения естественной и искусственной освещенности помещений и наружного освещения применяют фотометры. Они бывают визуальные и объективные (люксметры). В настоящее время в санитарно-гигиенической практике применяются в основном люксметры с селеновым фотоэлементом, преобразующим свет в электрический ток (фотоэлектрический эффект). Фотоэлемент заключен в оправу-держатель с матовым стеклом для защиты от механических повреждений и от прямых солнечных лучей. При падении световых лучей на приемную часть фотоэлемента возникает поток электронов, который создает фототок во внешней цепи, соединяющей фотоэлемент с гальванометром, и стрелка последнего отклоняется на определенное число делений шкалы соответственно интенсивности освещения. Наиболее распространенный в настоящее время люксметр Ю-16 (рис. 19) имеет гальванометр с тремя шкалами, отградуированными в люксах, позволяет производить отсчеты в трех основных диапазонах измерений: верхняя шкала 0—25 лк, средняя — 0—100, нижняя — 0—500 лк. Диапазон измерений может быть расширен при помощи прилагаемой к прибору светопоглощающей насадки с коэффициентом, равным 100.

При покрытии ею воспринимающей части фотоэлемента можно измерять освещенность в трех диапазонах (0—2500 лк, 0—10 0000, 0—50 000 лк). Эту насадку применяют главным образом при измерении интенсивной естественной освещенности.

Люксметр устанавливают горизонтально на исследуемой освещенной поверхности и включают фотоэлемент в цепь гальванометра посредством арретира, расположенного по середине прибора над гальванометром, устанавливая какой-либо диапазон измерений, начиная с первого.

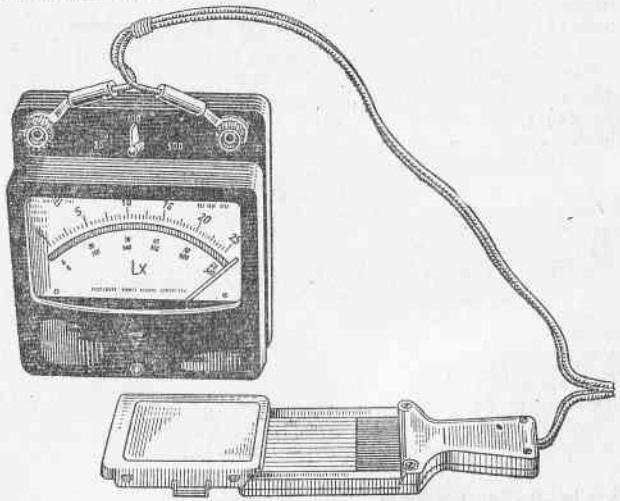


Рис. 19. Люксметр Ю-16.

При подключении фотоэлемента к измерителю обязательно нужно соблюдать полярность, указанную на зажимах. Измерение внутри помещения следует начинать при положении переключателя на 500 лк. Если стрелка отклонится менее чем на 10 делений, переключатель следует перевести на 100 лк, и если она снова отклоняется меньше чем на 10 делений, переводят на передел 25 лк. Если стрелка гальванометра уходит за пределы третьей шкалы, применяют светопоглощающую насадку и повторяют измерение. При использовании светопоглощающей насадки показания гальванометра увеличивают в 100 раз и находят искомую освещенность в точке измерения.

Если освещенность измеряют в помещениях, освещаемых люминесцентными лампами, то показания люксметра следует умножить на поправочный коэффициент 0,9 (для ламп белого света К=1,1). При измерении естественной освещенности поправочный коэффициент приближенно равен 0,8.

Для оценки объективной освещенности помещения в люксах с помощью люксметра измеряют освещенность в течение всего светового дня 1—2 раза в неделю через каждые 2 ч во все времена года, а в зонах наибольшей, средней и минимальной освещенности у пола на уровне животных. В каждой зоне измерения проводят в двух точках, а затем определяют среднюю величину. Это и будет освещенность данного помещения.

Искусственное освещение помещений определяют в зоне максимальной (непосредственно под источником света), средней и минимальной освещенности два раза в сутки. Затем определяют среднюю величину всех измерений, что и выражает искусственную освещенность данного помещения.

Величину коэффициента естественной освещенности выражают в процентах. В помещениях с боковым освещением нормируется минимальное значение КЕО, а в помещениях с верхним или комбинированным освещением — среднее значение КЕО. В первом случае определяют освещенность в наименее освещаемой точке, во втором — в ряде точек помещения, отстоящих друг от друга на равные расстояния.

КЕО рассчитывают по формуле:

$$KEO = \frac{E_в}{E_н} 100,$$

где КЕО — искомый коэффициент естественной освещенности, %; $E_в$ — освещенность в точке исследования внутри помещения, лк; $E_н$ — одновременная освещенность горизонтальной плоскости вне помещения, лк (освещенность на улице измеряют не ближе 10 м от помещения); 100 — множитель для перевода в проценты.

Пример. Освещенность внутри помещения — 50 лк. Наружная освещенность равна 5000 лк.

$$KEO = \frac{50}{5000} 100 = 1\%.$$

Минимальное значение КЕО рассчитывается аналогичным же способом по вышеуказанной формуле, но освещенность определя-

ется в наименее освещенной точке. Среднее значение КЕО определяют по формуле

$$КЕО_{ср} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \ldots + E_n}{n},$$

где E_1, E_2, $E_3 \ldots E_n$ — значение КЕО в отдельных точках помещения, отстоящих на равных расстояниях друг от друга; n — количество точек, в которых определяется КЕО (не менее 5).

Если допустить, что $E_1 = 0{,}8\%$; $E_2 = 1{,}2\%$; $E_3 = 0{,}9\%$; $E_4 = 1{,}3\%$ и $E_5 = 1{,}3\%$, тогда

$$КЕО_{ср} = \frac{0{,}8 + 1{,}2 + 0{,}9 + 1{,}3 + 1{,}3}{5} = 1{,}1\%.$$

Нормы КЕО для разных животноводческих помещений приведены в таблице 83.

Определение искусственной освещенности. При недостаточном естественном освещении применяют искусственное. Искусственную освещенность определяют по мощности источников света. Для этого подсчитывают число ламп в помещении и их общую мощность в ваттах. Эту величину делят на площадь помещения и находят удельную мощность ламп (Вт/м²). Для перевода освещенности в люксы умножают полученную величину на коэффициент «е», означающий количество люксов, которому соответствует удельная мощность, равная 1 Вт/м². Коэффициент перевода искусственной освещенности к освещенности в люксах приведен в таблице 82.

82. Значение коэффициента «е»

Мощность ламп	Значение коэффициента при напряжении в сети, В	
	110, 120, 127	220
До 100 Вт	2,4	2,0
100 Вт и выше	3,2	2,5

Пример. Площадь коровника 1080 м² освещена 50 лампами по 100 Вт, напряжение в сети 220 В.

$$\text{Удельная мощность} = \frac{50 \cdot 100}{1080} = 4{,}6 \text{ Вт/м}^2.$$

Освещенность в люксах будет равна 4,6 Вт/м²·2,5 = 11,5 лк.

Нормативы освещенности в ваттах на квадратный метр пола и в люксах даны в таблице 83.

83. Нормативы естественного и искусственного освещения животноводческих помещений

Помещения	Естественное освещение		Искусственное освещение	
	световой коэффициент	КЕО, %	на 1 м² площади пола, Вт	на плоскости пола, лк
Для крупного рогатого скота				
Родильное отделение	1/10—1/15	0,8	4,0—4,5	10
Привязное, беспривязно-боксовое содержание и молодняк (старше года)	1/10—1/15	0,5	4,0—4,5	10
Помещения для беспривязного содержания (на подстилке)	1/10—1/15	0,5	4,0—4,5	10
Профилакторий (телята до 20 дней)	1/10—1/15	0,8	4,0—5,0	10—15
Помещения для выращивания телят (20—60 дней)	1/10—1/15	0,5—0,8	4,0—5,0	10—15
Помещения для доращивания телят (60—120 дней)	1/10—1/15	0,5—0,8	4,0—5,0	10—15
Помещения для молодняка 4—12 мес	1/10—1/15	0,5—0,8	4,0—5,0	10—15
Для свиней				
Для холостых, супоросных маток и хряков	1/10—1/12	1,2	4,0—5,0	10—15
Для опороса и выращивания поросят до 4 мес.	1/10—1/12	1,2	4,0—5,0	10—15
Для откорма	1/10—1/15	0,5	2,0—2,6	4—5
Для овец				
Для содержания баранов, маток, молодняка после отбивки, валухов	1/20—1/25	0,2	3,5	10
Тепляки и родильные отделения	1/15—1/20	0,5	8	20
Для лошадей				
Взрослые лошади	1/10—1/15	0,5	2,4—2,6	5
Молодняк	1/8—1/10	0,8—1,0	4,0—5,0	10—15
Для птицы				
Взрослая птица:				
куры	1/10—1/12	0,8	4,0—5,0	10—15
индейки	1/10—1/12	0,8	4,0—5,0	10—15
утки	1/10—1/12	0,8	4,0—5,0	10—15
гуси	1/10—1/12	0,8	4,0—5,0	10—15
Молодняк кур в возрасте, дни:				
1—30	1/8—1/10	1,0—1,2	5,0—8,0	15—20
31—60	1/8—1/10	1,0—1,2	5,0—8,0	15—20
61—150	1/8—1/10	1,0—1,2	5,0—8,0	15—20
151—210	1/10—1/12	0,8	4,0—5,0	10—15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ШУМА

В животноводческих помещениях и комплексах используются различные машины и механизмы, которые создают повышенный уровень шума. Данных о влиянии различных уровней шума на состояние животных и их продуктивность в отечественной и зарубежной литературе еще недостаточно, но установлено, что сильный шум отрицательно влияет на здоровье и продуктивность животных. В последнее время стали контролировать уровень шума в помещениях для животных. Единицей его измерения служит децибел (дБ) — относительная величина, показывающая, насколько данный звук в логарифмических значениях больше порога слышимости.

Возникающие шумы делятся на постоянные (стабильные) и прерывистые (включая импульсивные). У стабильных шумов уровень интенсивности изменяется не более чем на 3 дБ, а у прерывистых звучание многократно сменяется паузой, во время которой звуковой уровень ниже 3 дБ.

Шум следует измерять на рабочих местах и непосредственно у узлов машин в соответствии с ГОСТ 11870—66 «Шумовые характеристики и методы их определения». Кроме того, для определения шумового фона рекомендуется измерение шума через каждые 20 м по продольной оси на расстоянии $^1/_3$ поперечных стен.

Уровень шума замеряют шумомером типа Ш-3М (рис. 20). Аппарат рассчитан на работу при температуре воздуха в пределах +5...+40° С и относительной влажности воздуха 80%. Пределы измерения уровня шума 25—130 дБ.

Принцип действия прибора заключается в том, что звуковые сигналы в нем преобразуются в электрические.

Методика замера уровня шума следующая. Сначала переключатель уровня шума на панели прибора устанавливают в положение 120 дБ, затем включают прибор. При этом загорается сигнальная лампочка, а стрелка индикатора должна передвинуться левее красного деления. Через 5 мин переключатель контроля питания ставят на отметку «работа» и по показаниям стрелки индикатора определяют уровень шума в исследуемом месте животноводческого помещения. Если, например, показание переключателя равно 70, а индикатора 6 дБ, то интенсивность шума составит 76 дБ.

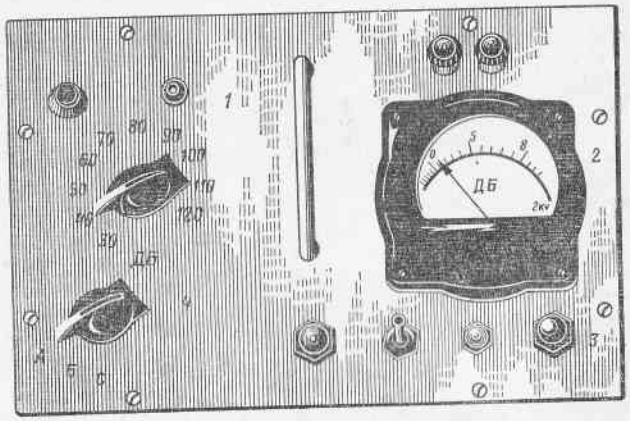


Рис. 20. Шумометр типа Ш-3М:
1 — переключатель уровня шума; *2* — гальванометр-индикатор; *3* — включатель прибора; *4* — переключатель контроля питания.

Желательно устанавливать переключатель так, чтобы стрелка индикатора всегда располагалась на правом участке шкалы, а левым участком пользоваться только при измерении шумов с уровнем ниже 30 дБ. Допустимый уровень шума для крупного рогатого скота и свиней — 70 дБ.

ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЗДУХА

Отбор проб воздуха. Пробы воздуха для химического анализа берут в зоне нахождения животных (возле кормушек, поилок, в зоне лежания животных) и в зоне нахождения обслуживающего персонала. В зависимости от особенностей последующего анализа и количества воздуха, необходимого для этого, способы отбора проб в местах наблюдений бывают весьма разнообразными. Небольшие объемы воздуха можно брать в газовые пипетки на 200—250 мл, снабженные двумя притертыми двухходовыми кранами и заполненные путем многократного продувания исследуемым воздухом с помощью груши или уравнительного сосуда с жидкостью, которую в месте наблюдения переливают обратно, опуская уравнительный сосуд вниз (при открытом верхнем кране пипетка заполняется исследуемым воздухом).

Для взятия больших объемов воздуха применяют калиброванные бутыли на 3,5 и 10 л, которые наполняют исследуемым воздухом, выливая из них через имеющийся у дна кран или тубус налитую предварительно воду или заменяя воздух бутыли исследуемым воздухом с помощью мехов.

Пробы воздуха могут забираться также в прорезиненные мешки, футбольные камеры, из которых его возможно быстрее следует переводить в соответствующую часть газоанализатора или в газовые пипетки.

Забор проб воздуха можно проводить и упрощенным способом. Для этого необходимо иметь откалиброванные колбы с пробками и шары Ричардсона. Колбы заполняют исследуемым воздухом в месте наблюдения путем накачивания шарами Ричардсона. В ряде случаев исследуемый воздух непосредственно забирают в приемную часть приборов для химического анализа воздуха.

Определение углекислого газа в воздухе животноводческих помещений. Данный показатель — важнейший критерий для суждения о степени чистоты воздуха. Параллельно повышению содержания в воздухе углекислоты отмечается одновременное увеличение различных газов с неприятным запахом и ухудшение физических свойств воздуха (повышение температуры, влажности и уменьшение числа легких ионов).

Определяя содержание углекислого газа в воздухе, можно судить и об общем санитарном состоянии воздуха в данном животноводческом помещении. Его концентрация учитывается также при расчете вентиляции животноводческих помещений и определении ее эффективности.

Повышение концентрации углекислого газа в воздухе раздражает кожу и слизистые оболочки, ухудшает окислительные процессы в организме, снижает кислотно-щелочное равновесие и вызывает деминерализацию костей. У животных в таких помещениях наблюдается вялость, уменьшение аппетита и снижение продуктивности. Нормативы допустимого содержания углекислого газа в воздухе животноводческих помещений даны в таблице 84.

Существует целый ряд методов определения углекислого газа. Наиболее точным и распространенным считается метод Субботина-Нагорского, но он довольно громоздкий. Кафедрой зоогигиены Московской ветеринарной академии предложен для производственных условий упрощенный метод. Метод основан на поглощении углекислого газа из определенного объема исследуемого воздуха раствором Ba $(OH)_2$ с образованием $BaCO_3$. По разнице титра щелочи до и после поглощения CO_2 путем расчета определяют содержание углекислого газа в воздухе помещения.

Реактивы, посуда и приборы. *Титрованный раствор едкого бария.* 1 мл $Ba(OH)_2$ может связать 1 мг CO_2. Навеска для приготовления раствора определяется по реакции:

$$\underset{315,5}{Ba(OH)_2} + 8H_2O + \underset{44}{CO_2} = BaCO_3 + 9H_2O.$$

Из приведенной реакции следует, что 315,5 весовой части едкого бария способны связать 44 весовые части углекислого газа, откуда 1 г углекислого газа может быть связан 315,5 : 44 = 7,17 части едкого бария.

Растворив в 1 л дистиллированной воды данную навеску (7,17 г) едкого бария, получим раствор, 1 мл которого будет способен связать 1 мг углекислого газа. Титр раствора едкого бария в процессе хранения меняется, и поэтому его каждый раз перед употреблением проверяют по точному раствору щавелевой кислоты. Хранят раствор в постоянно закрытом сосуде.

Титрованный раствор щавелевой кислоты. 1 мл $C_2H_2O_4$ эквивалентен 1 мг углекислого газа. Вычисление навески щавелевой кислоты проводят по формуле:

$$\underset{126}{H_2C_2O_4} + 2H_2O + Ba(OH)_2 = BaC_2O_4 + 4H_2O.$$

$$\underset{44}{CO_2} + Ba(OH)_2 = BaCO_3 + H_2O.$$

Приведенный расчет показывает, что 126 г щавелевой кислоты эквивалентны 44 г углекислого газа, откуда 1 г углекислого газа соответствует 126 : 44 = 2,8636 г щавелевой кислоты.

Растворив в 1 л воды 2,8636 г химически чистой перекристаллизованной щавелевой кислоты, получают раствор, 1 мл которого будет соответствовать 1 мг CO_2. Растворы едкого бария и щавелевой кислоты готовят на дистиллированной воде, освобожденной путем длительного кипячения от углекислоты; индикатор — 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина; откалиброванная колба на 1 л с пригнанной пробкой; шары Ричардсона; штатив Бунзена с лапками и муфтами; две бюретки на 50 мл для щавелевой кислоты и для раствора барита (к последней бюретке прилаживается трубка с натронной известью, которая одним концом сообщается с бюреткой, другим — с резиновой трубкой и каучуковым баллоном); флакон с раствором фенолфталеина; пипетки на 10 мл; термометр; барометр.

84. Допустимые нормативы концентрации вредных газов в помещениях для животных

Помещения	Углекислый газ, %	Аммиак мг/м³	Сероводород, мг/м³
Для крупного рогатого скота			
Родильное отделение	0,15—0,2	10	5
Привязное, беспривязно-боксовое содержание и молодняк (старше года)	0,25	20	10
Помещения для беспривязного содержания (на подстилке)	0,25	20	10
Профилакторий для телят (до 20 дней)	0,15—0,2	10	5
Помещения для выращивания телят (20—60 дней)	0,15—0,2	10	5
Помещения для доращивания телят (60—120 дней)	0,25	15	10
Помещения для молодняка 4—12 мес	0,25	20	10
Для свиней			
Для холостых, супоросных маток и хряков	0,25	20	10
Для опороса и выращивания поросят до 4 мес	0,20	20	10
Для откорма	0,25	20	10
Для овец			
Для содержания баранов, маток, молодняка после отбивки и валухов	0,25	20	10
Тепляки и родильные отделения	0,25	20	10
Для лошадей			
Взрослые лошади	0,25	20	10
Молодняк	0,20	15—20	5
Для птицы			
Взрослая птица:			
куры	0,15—0,20	5—10	5
индейки	0,15—0,20	5—10	5
утки	0,15—0,20	5—10	5
гуси	0,15—0,20	5—10	5
Молодняк кур в возрасте, дней:			
1—30	0,10	5—10	5
31—60	0,10	5—10	5
61—150	0,10—0,15	5—10	5
150—210	0,25	5—10	5

Ход определения. В откалиброванную колбу с помощью шаров Ричардсона накачивают воздух в течение 1,5—2 мин. Затем в колбу вливают 10 мл раствора едкого бария и плотно закрывают пробкой до калибровочной черты. Содержимое колбы периодически взбалтывают в течение 10 мин, после чего добавляют 1—2 капли 1%-ного спиртового раствора фенолфталеина и титруют щавелевой кислотой до полного обесцвечивания. Количество щавелевой кислоты, пошедшее на титрование, записывают и далее ведут расчет процентного содержания углекислого газа в воздухе животноводческого помещения.

Измеряют в исследуемой точке температуру и барометрическое давление, которые учитывают при расчете.

Вычисление результатов анализа. В колбу помещают 10 мл раствора едкого бария, часть его идет на соединение с углекислым газом, а часть остается свободной. Свободную часть раствора оттитровывают щавелевой кислотой. Поэтому из 10 мл раствора едкого бария вычитают количество щавелевой кислоты, пошедшее на титрование. Разность умножают на титр раствора едкого бария, который устанавливают заранее.

Полученное количество миллилитров будет соответствовать количеству миллиграммов углекислого газа в исследуемом воздухе (1 мл раствора едкого бария соответствует 1 мг CO_2). Далее проводят пересчет миллиграммов найденного углекислого газа в миллилитры (A) умножением на 0,509 (1 мг CO_2 при нормальных условиях занимает объем, равный 0,509 мл). Из объема воздуха, находящегося в колбе, отнимают 10 мл (количество влитого раствора едкого бария). Объем воздуха, взятого на исследование, приводят к нормальным условиям (к 0° и 1013 ГПа давления) по формуле с помощью таблицы 85.

$$V^0_{1013} = \frac{(V_1 - 10) \cdot B}{(1 + \alpha t^\circ) \cdot 1013},$$

где V^0_{1013} — искомый объем воздуха при нормальных условиях; $(V_1 - 10)$ — объем воздуха, взятого на исследование; B — барометрическое давление в момент исследования; α — коэффициент расширения воздуха $^1/_{273}$ или 0,003667); t° — температура воздуха, °С; 1013 — нормальное барометрическое давление.

Для ускорения расчетов пользуются таблицей 80, в которой даны числовые величины для $(1+\alpha)$ и $\frac{B}{1013}$ при разных температурах и различном давлении. Далее по пропорции $\frac{V^0_{1013}}{100} = \frac{A}{x}$ определяют процент углекислого газа в воздухе, где V^0_{1013} — объем исследуемого воздуха, приведенного к нормальным условиям; A — количество найденного углекислого газа в исследуемом объеме воздуха, мл; x — искомое содержание углекислого газа, %; 100 — пересчет на проценты.

Содержание углекислого газа определяют не менее двух раз в сутки в течение трех дней в исследуемый период.

Определение вредных газов (аммиака и сероводорода) газоанализатором типа УГ-2. Описанные методы количественного определения содержания вредных газов в животноводческих помещени-

85. Приведение воздуха к нормальной температуре и нормальному давлению

Температура воздуха, °С	1+0,003667	Атмосферное давление, мм рт. ст.	Атмосферное давление, ГПа	$\frac{B}{1013}$	Температура воздуха, °С	1+0,003667	Атмосферное давление, мм рт. ст.	Атмосферное давление, ГПа	$\frac{B}{1013}$
—20	0,9267	726	968	0,9556	+8	1,0293	754	1005	0,9921
—19	0,9303	727	969	0,9565	+9	1,0330	755	1006	0,9931
—18	0,9440	728	970	0,9575	+10	1,0367	756	1008	0,9951
—17	0,9377	729	972	0,9595	+11	1,0403	757	1009	0,9960
—16	0,9413	730	973	0,9605	+12	1,0440	758	1010	0,9970
—15	0,9450	731	974	0,9615	+13	1,0476	759	1012	0,9990
—14	0,9484	732	976	0,9635	+14	1,0513	760	1013	1,0000
—13	0,9523	733	977	0,9645	+15	1,0550	761	1014	1,0010
—12	0,9560	734	978	0,9654	+16	1,0586	762	1016	1,0030
—11	0,9597	735	980	0,9674	+17	1,0623	763	1017	1,0039
—10	0,9633	736	981	0,9684	+18	1,0660	764	1018	1,0049
—9	0,9670	737	982	0,9694	+19	1,0696	765	1020	1,0069
—8	0,9707	738	984	0,9714	+20	1,0733	766	1021	1,0078
—7	0,9743	739	985	0,9723	+21	1,0770	767	1022	1,0088
—6	0,9780	740	986	0,9733	+22	1,0806	768	1024	1,0108
—5	0,9817	741	988	0,9753	+23	1,0843	769	1025	1,0118
—4	0,9853	742	989	0,9763	+24	1,0880	770	1026	1,0128
—3	0,9890	743	990	0,9773	+25	1,0917	771	1028	1,0148
—2	0,9927	744	992	0,9793	+26	1,0953	772	1029	1,0158
—1	0,9963	745	993	0,9802	+27	1,0990	773	1030	1,0168
0	1,0000	746	994	0,9812	+28	1,1027	774	1032	1,0187
+1	1,0037	747	996	0,9832	+29	1,1063	775	1033	1,0200
+2	1,0073	748	997	0,9842	+30	1,1100	776	1034	1,0207
+3	1,0110	749	998	0,9852	+31	1,1137	777	1036	1,0227
+4	1,0147	750	1000	0,9872	+32	1,1173	778	1037	1,0236
+5	1,0183	751	1001	0,9881	+33	1,1210	779	1038	1,0247
+6	1,0220	752	1002	0,9891	+34	1,1247	780	1040	1,0266
+7	1,0257	753	1004	0,9911	—	—	—	—	—

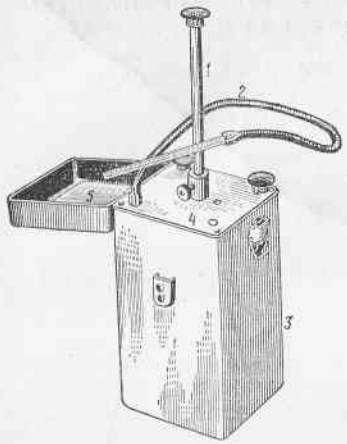


Рис. 21. Универсальный газоанализатор типа УГ-2:

1 — калиброванный сток; *2* — резиновая трубка; *3* — корпус; *4* — фиксатор (стопорное устройство); *5* — индикаторная трубка.

ях требуют значительного времени для отбора проб и проведения лабораторного анализа их. Более экономны по затрате времени экспрессные методы, к числу которых относятся определения, проводимые с помощью газоанализатора УГ-2 (рис. 21). Прибор позволяет определить в течение 2—10 мин содержание в воздухе углекислого газа, сернистого газа, окиси углерода, сероводорода, аммиака и ряда других примесей. Газоанализатор обеспечивает определение концентрации вредных газов в воздухе с содержанием пыли не более 40 мг/м³, относительной влажности — не более 90%, при температуре 10—30° С и давлении 740—780 мм рт. ст. Принцип действия газоанализатора основан на изменении цвета индикаторного порошка, находящегося в трубочке, через которую просасывается исследуемый воздух, содержащий вредные примеси. Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке пропорциональна содержанию газа в исследуемом воздухе и измеряется по шкале, градуированной по содержанию примеси (мг/м³).

Основной частью воздухозаборного устройства является резиновый сильфон (баллон), внутри которого расположена пружина, удерживающая его в растянутом состоянии. Просасывание исследуемого воздуха через индикаторную трубку производится после предварительного сжатия сильфона штоком. На цилиндрической поверхности штока имеются продольные канавки с углублениями, служащие для фиксации фиксатором объема просасываемого воздуха. На гранях (под головкой штока) обозначены объемы просасываемого при анализе воздуха.

Определение примеси окиси углерода в воздухе помещений. Окись углерода (СО) — бесцветный газ без запаха и раздражающих свойств.

Плотность 0,967. Масса 1 л газа 1,25 г при 0° С и 760 мм рт. ст. Малорастворим в воде.

Чаще всего окись углерода образуется при неполном сгорании нефтепродуктов и газа. Появление окиси углерода связано с заездом дизельного транспорта в помещения и неправильной работой газового отопления.

Существует несколько способов определения окиси углерода. Чаще всего его проводят с помощью универсального газоанализатора. Предельно допустимой концентрацией окиси углерода в помещениях считается 0,002 мг/л.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПЫЛИ И МИКРОФЛОРЫ В ВОЗДУХЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Исследование запыленности воздуха. Количество пыли определяют в миллиграммах по массе пыли в 1 м³ воздуха (гравиметрически) или счетным методом по количеству пылинок в 1 см³ воздуха (кониметрически).

Весовой метод определения пыли основан на фильтрации определенного объема воздуха через пористые вещества. Для этого используют гигроскопическую или стеклянную вату, бумажные фильтры и аэрозольные фильтры из ткани Петрякова марки АФА-В-18 (с поверхностью 18 см³), АФА-В-10 (с поверхностью 10 см³), АФА-ВП и другие. Этим методом определяют количество пыли (мг) в единице объема воздуха. Как правило, за единицу объема воздуха берется 1 м³ и измеряется количеством пыли в мг на 1 м³ воздуха.

Приборы и оборудование. Аспиратор, воронки Аллонжи, аналитические весы, сушильный шкаф, эксикатор, фильтры.

Ход определения. В стеклянную трубку диаметром 15 мм и длиной 10 см (аллонж) помещают гигроскопическую вату в количестве 0,71 г, заполняя просвет трубки ровными слоями. Аллонж доводят в сушильном шкафу до постоянной массы и затем хранят в эксикаторе. Узкий конец стеклянной трубки соединяют с аспиратором на месте исследования воздуха и пропускают через вату 100 л воздуха.

После этого аллонж высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы. Увеличение массы происходит за счет задерживания пылинок в вате. Если пропущено 100 л воздуха, полученный результат умножают на 10 (в 1 м³ воздуха содержится 1000 л) и определяют содержание пыли в 1 м³ воздуха.

Если требуется установить количество органической пыли, фильтр с отобранной пробой сначала взвешивают для определения общего содержания пыли, а затем помещают в прокаленный и взвешенный тигель, ставят в муфельную печь и прокаливают до постоянной массы. Органическая пыль сгорает. По разнице масс до и после прокаливания вычисляют органическую и не органическую части пылевой пробы.

Определение количества пыли в воздухе помещений с помощью фильтров АФА-В-10, АФА-В-18, АФА-ВП. На аналитических весах взвешивают фильтр с точностью до сотых долей миллиграмма и вставляют его в воронку Аллонжи. На месте исследования воронку соединяют с аспиратором и пропускают через фильтр в зависимости от степени запыленности от 100 до 1000 л воздуха. После этого фильтр извлекают из воронки и снова взвешивают. По разнице в весе фильтра до и после пропускания через него воздуха определяют количество пыли во взятом объеме воздуха. Расчет ведут в мг на 1 м³ воздуха.

Методика использования фильтров АФА-ВП, АФА-В-10, АФА-В-18. Аналитические фильтры предназначены для определения весовой концентрации аэродисперсных примесей (пыли, дыма и туманов) при температуре воздуха до 60° С. Они изготовлены в виде комплектов, состоящих из фильтров с опрессованными краями, и защитных колец с выступами, вложенными в пакетики. Фильтры по 10 комплектов хранятся в бумажной кассете.

Метод определения весовой концентрации пыли основан на от-

боре пробы аэродисперсных примесей на фильтр из определенного объема воздуха и определения привеса на аналитических весах.

Анализ проводят следующим образом:

1. Вынимают из кассеты за выступ комплект аналитического фильтра.

2. Вскрывают пакетик и разворачивают защитные кольца.

3. С помощью пинцета складывают фильтр вчетверо и кладут в центр чашечки аналитических весов, следя за тем, чтобы он не свешивался через край чашечки.

4. Взвешивают фильтр с точностью до 0,0002.

5. Взвешенный фильтр осторожно расправляют за опрессованные края пинцетом и помещают снова в защитные кольца.

6. Укладывают комплект фильтра в пакетик и затем в кассету.

7. На месте отбора пробы вынимают комплект взвешенного фильтра из кассеты и пакетика и вставляют в патрон установки для отбора пробы, плотно закрепляя фильтр в нем.

8. Включают установку и производят отбор пробы аэрозолей в течение определенного времени. Скорость и время прокачки воздуха через фильтр выбирают в зависимости от концентрации пыли в каждом конкретном случае отдельно. Скорость отбора пробы не должна превышать 100 л в минуту.

9. После отбора пробы вынимают фильтр из патрона за выступы, сворачивают вдвое осадком внутрь и помещают в пакетик.

10. Переносят фильтр к месту взвешивания.

11. Перед взвешиванием вынимают фильтр из пакетика и выдерживают 10—15 мин в условиях первоначального взвешивания.

12. Освобождают фильтр от защитных колец, складывают вчетверо пинцетом и помещают в центр чашечки весов.

13. Взвешивают фильтр.

14. По данным опыта и результатам взвешивания вычисляют весовую концентрацию аэродисперсных примесей в мг на 1 м³.

Седиментационный способ определения основан на собирании пыли на определенные поверхности путем естественного оседания. Существуют пылесчетчики различной конструкции: Оуенса, В. Ф. Матусевича и т. д. В настоящее время стали применять оптические и фотометрические методы исследования запыленности воздуха, в том числе и метод поточной ультрамикроскопии — прибор ВДК-4 (поточный ультрамикрофотометр Власенко и Деревягина), которым определяют число частиц и дисперсность аэрозоля.

Исследование запыленности проводится в различных точках помещений. По горизонтальной линии они выбираются в начале помещения (3—5 м от торцовой стены) в середине и в конце помещения (3—5 м от противоположной стены). Исследования проводятся по диагональной линии. В каждой точке пробы воздуха берутся в зоне лежания, зоне стояния животных и на высоте 60 см от потолка. Затем рассчитываются средние данные, которые и будут характеризовать степень запыленности воздуха помещения.

Бактериологическое исследование воздуха. Для определения количества и качества микроорганизмов в воздухе пользуются методами, в основу которых положены принципы: оседание (седиментация) или засасывание (аспирация). С помощью седиментационных методов можно получить общее представление о встречающихся в воздухе микроорганизмах. Аспирационные методы позволяют определять не только качественное, но и количественное содержание микроорганизмов в определенном объеме воздуха.

Седиментационный метод. Самым простым, но наименее точным является метод, основанный на самопроизвольном осаждении микробов из воздуха на чашки Петри с питательной средой (обычно с мясо-пептонным агаром). Открытые чашки расставляют в нескольких местах помещения и оставляют открытыми на 3—5 мин в зависимости от предполагаемой степени микробного загрязнения воздуха. Затем чашки закрывают крышками и выдерживают в термостате в течение 24 ч при температуре 37° и 24 ч при комнатной температуре, после чего подсчитывают количество выросших колоний на всей площади чашки Петри.

Счет колоний в чашке производят с помощью лупы. Для лучшей видимости счет колоний производят на темном фоне, чашку помещают дном кверху. Каждую колонию отмечают на дне чашки чернилами или тушью.

Для определения количества выросших колоний на 1 см² необходимо знать внутренний диаметр чашки Петри и, исходя из этой величины, высчитать площадь круга (поверхности среды). Обычно диаметр ее бывает равен 8,5—10,5 см. При диаметре 10 см площадь чашки будет равна $3{,}15 \cdot 5^2 = 78{,}5$ см².

Подсчитанное число колоний делят на площадь чашки в квадратных сантиметрах и узнают количество колоний, осевших из воздуха на 1 см² поверхности среды. Известно, что на площадь 100 см² агара чашки Петри оседает за 5 мин примерно столько микробов, сколько их содержится в 10 л воздуха. Путем пересчета можно установить и содержание микроорганизмов в 1 м³.

Аспирационные методы. Принцип таких методов заключается в аспирации воздуха через специальные поглотители с последующим высеванием абсорбента на питательные среды или путем направления потока воздуха непосредственно на поверхность питательной среды.

Бактериологический анализ воздуха с помощью прибора Ю. А. Кротова (рис. 22) является одним из лучших. Прибор позволяет проводить анализ воздуха с учетом числа микробов, находящихся в 1 м³ воздуха. В основу действия прибора положен принцип удара воздуха о поверхность питательной среды. Прибор Кротова представляет собой цилиндр, закрываемый сверху съемной крышкой. На основании прибора установлен электрический мотор, на оси которого укреплен центробежный вентилятор, обеспечивающий аспирацию воздуха и вращение столика с чашкой Петри. Центровку и фиксацию чашки Петри осуществляют при помощи трех пружин. В крышку прибора вложен прозрачный диск из плексигласа с клиновидной щелью.

Проходя через щель с большой линейной скоростью, воздух ударяется о поверхность питательной среды в чашке Петри, на эту среду осаждаются взвешенные в воздухе микроорганизмы. Вследствие вращения чашки посев микробов происходит по всей поверхности питательной среды равномерно. Количество пропускаемого воздуха (в литрах) учитывается с помощью ротаметра.

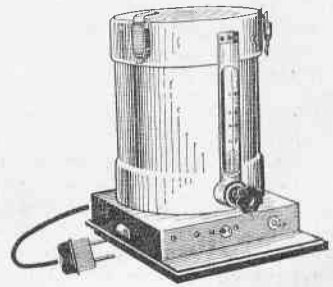


Рис. 22. Прибор Кротова.

86. Нормативы допустимого содержания пыли и микробных тел в воздухе животноводческих помещений

Помещения	Содержание пыли, мг/м³	Микробная обсемененность, тыс/м³
Для крупного рогатого скота		
Родильное помещение	0,5—3,0	50—70
Привязное, беспривязно-боксовое содержание и молодняк старше года	1,0—4,0	70—120
Помещение для беспривязного содержания (на подстилке)	1,0—4,0	70—120
Профилакторий (телята до 20 дней)	2,0—4,0	20—40
Помещения для выращивания телят (20—60 дней)	2,0—4,0	20—40
Помещения для доращивания телят (60—120 дней)	1,0—3,0	70—120
Помещения для молодняка 4—12 мес	1,0—3,0	70—120
Для свиней		
Для холостых, супоросных маток и хряков	1,0—3,0	100—150
Для опороса и выращивания поросят до 4 мес	1,0—2,0	40—50
Для откорма	1,0—3,0	70—90
Для овец		
Для содержания баранов, маток, молодняка после отбивки и валухов	1,0—4,0	70—120
Тепляки и родильные отделения	0,6—3,0	50—70
Для лошадей		
Взрослые лошади	1,0—4,0	70—120
Молодняк	1,3—3,0	70—90
Для птицы		
Взрослая птица:		
куры	4—8	220
индейки	4—8	220
утки	4—8	220
гуси	4—8	220
Молодняк кур в возрасте, дни:		
1—30	2—5	120
31—60	3—5	150
61—150	3—6	180
151—210	1—4	70—120

В пункте исследования в аппарат Кротова помещают чашку Петри с питательной средой. Для отбора просасывают 100—200 л воздуха (в зависимости от предполагаемого бактериального загрязнения воздуха) со скоростью 25 л/мин. Чашку закрывают, переносят в лабораторию и помещают в термостат при температуре 37° С на 24 ч. Затем чашку дополнительно выдерживают 24 ч при комнатной температуре. Все выросшие колонии подсчитывают для определения общей обсемененности. Результаты подсчета колоний пересчитывают на 1 м³.

Пример. В чашке Петри выросло 150 колоний. Воздух пропускали 2 мин со скоростью 25 л/мин. Всего пропущено 50 л воздуха. Число микробов в 1 м³ воздуха составит:

$$\frac{150 \cdot 1000}{50} = 3000 \text{ колоний.}$$

В последние годы для определения бактериальной обсемененности воздуха применяют фильтры АФА-БА. Анализ осуществляется посредством улавливания аэрозольных частиц из определенного объема просасываемого воздуха. Осадок извлекают промыванием фильтра физиологическим раствором с последующим анализом этого раствора на питательных средах. Вся эта работа проводится в ветлаборатории в стерильном боксе. В каждом помещении взятие проб воздуха для определения микроорганизмов необходимо проводить в различных точках, чтобы иметь точные данные об обсемененности воздуха микроорганизмами.

Точки исследования выбираются по горизонтали: в начале помещения (3—5 м от торцовой стены, в зависимости от длины здания), середине и в конце помещения (3—5 м от противоположной стены). Эти точки должны располагаться по диагональной линии — от одного угла помещения до противоположного. В каждой точке, кроме этого, исследования проводятся на различных по вертикали уровнях: на уровне лежания, на уровне стояния животных и 60 см от потолка. В птицеводческих помещениях исследования проводятся на различных уровнях клеточных батарей (первый ярус, средний ярус, верхний ярус батарей). Таким образом, в одном помещении исследования проводятся минимально в девяти точках. Затем выводятся средние данные, которые будут свидетельствовать о степени бактериальной обсемененности воздуха данного помещения.

При оценке результатов определения содержания в воздухе животноводческих и птицеводческих помещений пыли и микробных тел следует пользоваться данными таблицы 86.

Оптимальные условия микроклимата являются неотъемлемым условием высокой рентабельности животноводства, так как способствуют повышению продуктивности, улучшению использования кормов и снижению отхода животных.

Поэтому правильная организация и проведение мероприятий по созданию микроклимата может стать в будущем одним из резервов роста производства продукции животноводства.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Химический состав кормов

Корма	Вода	Сырой протеин			Жир	Клетчатка	БЭВ	Зола
		всего	белка	амидов				
Трава								
Трава:								
суходольного луга	71,7	3,8	2,8	1,0	0,9	7,7	13,4	2,5
заливного луга	68,9	3,9	2,5	1,4	1,0	8,6	15,0	2,6
степная	59,4	4,5	3,7	0,8	1,6	12,0	19,3	3,2
злаковая заболоченного луга	72,0	3,1	2,4	0,7	0,7	10,0	11,6	2,6
торфяно-болотистого луга	73,0	2,2	1,6	0,6	0,9	9,3	12,9	1,7
горного луга	64,5	4,2	3,6	0,6	1,4	10,0	17,2	2,7
лесных пастбищ	74,5	3,3	2,3	1,0	1,0	8,1	10,8	2,3
естественного луга	68,5	3,7	2,9	0,8	1,0	9,0	15,2	2,6
Отава естественного луга	65,0	4,8	3,4	1,4	1,1	8,6	17,5	3,0
Трава луговая пастбищная	66,5	4,0	2,9	1,1	1,0	10,2	15,4	2,9
Отава травы луговой	73,7	4,7	4,0	0,7	1,2	8,1	9,3	3,0
Кукуруза зеленая, целое растение	80,1	2,2	1,7	0,5	0,5	5,1	10,6	1,5
Клевер	76,5	3,9	3,4	0,5	0,8	6,1	10,8	1,9
Люцерна	70,3	5,6	4,6	1,0	0,8	8,4	11,9	3,0
Люпин	86,0	3,0	2,2	0,8	0,4	4,0	5,3	1,3
Ежа сборная	69,0	3,7	2,1	1,6	1,2	10,5	13,2	2,4
Костер	62,3	4,3	3,3	1,0	1,0	11,6	17,9	2,9
Суданка	75,4	4,2	3,4	0,8	0,7	7,1	10,6	2,0
Рожь	78,6	3,3	2,5	0,8	0,8	6,3	9,2	1,8
Тимофеевка	62,1	3,1	2,4	0,7	1,0	12,8	18,5	2,5
Клевер+тимофеевка	74,9	3,6	3,0	0,6	0,8	7,1	11,8	1,8
Вика+овес	77,6	3,7	3,0	0,7	0,8	5,8	9,9	2,2
Злаково-бобовая смесь	78,3	3,5	3,0	0,5	1,0	5,4	10,2	1,6
Злаковая смесь	77,1	2,8	2,3	0,5	0,8	7,2	10,3	1,8
Капустный лист	88,0	2,0	1,5	0,5	0,4	1,5	6,8	1,9

Корма	Вода	Сырой протеин			Жир	Клетчатка	БЭВ	Зола
		всего	белка	амидов				
Ботва сахарной свеклы	82,5	2,6	2,0	0,6	0,7	2,7	8,5	3,0
Трава долголетнего культурного пастбища	85,10	3,3	—	—	0,7	3,6	5,8	1,5
Трава долголетнего культурного пастбища	82,0	3,6	—	—	0,6	4,5	7,6	1,7
Капуста кормовая	86,4	2,2	1,5	0,7	0,4	2,3	7,1	1,6
Сено								
Луговое	16,3	9,3	7,6	1,7	2,6	25,6	39,7	6,5
» бобово-злаково-разнотравное	16,8	11,6	9,3	2,3	2,2	24,7	38,2	6,5
Луговое злаковое	16,2	8,9	7,6	1,3	2,4	26,2	39,8	6,5
» разнотравное	15,0	9,5	8,5	1,0	2,5	25,7	40,4	6,9
Луговое суходольное	18,8	8,8	7,4	1,4	2,4	23,4	40,9	5,7
Заливное	16,2	9,5	7,7	1,8	2,7	24,8	40,7	6,1
Болотное	18,0	8,4	7,0	1,4	2,4	24,3	41,0	5,9
Горное разное	14,5	9,8	7,8	2,0	2,7	24,9	40,7	7,4
Высокогорное	14,7	11,1	9,7	1,4	2,8	23,5	40,9	7,0
Целинное	12,9	8,6	7,8	0,8	2,8	26,5	42,4	6,8
Лесное	17,2	8,5	7,8	0,7	2,7	24,1	41,0	6,5
Клеверное посевное	15,7	13,0	11,0	2,0	2,4	23,3	38,9	6,7
Люцерновое посевное	15,5	14,7	11,5	3,2	2,1	25,9	33,8	7,7
Клеверо-тимофеечное	18,9	9,6	7,6	2,0	2,4	25,9	37,9	5,3
Травяная мука								
Люцерновая	13,2	17,3	15,3	2,0	3,2	20,7	37,9	7,7
Клеверная	14,3	13,1	12,0	1,1	4,2	23,2	38,0	7,2
Злакового разнотравья	11,3	9,6	8,1	1,5	3,5	23,5	47,3	4,8
Солома								
Овсяная	16,7	4,0	3,0	1,0	1,7	33,0	38,6	6,0
Пшеничная озимая	15,4	3,7	3,4	0,3	1,3	36,4	36,8	6,4
Пшеничная яровая	15,1	4,6	3,5	1,1	1,5	35,1	36,8	6,9
Ячменная	17,0	4,9	3,9	1,0	1,9	33,1	35,9	7,2
Ржаная	15,0	3,3	2,4	0,9	1,4	37,8	38,2	4,3

Продолжение

Корма	Вода	Сырой протеин			Жир	Клетчатка	БЭВ	Зола
		всего	белка	амидов				
Просяная	16,0	6,8	5,7	1,1	2,0	27,8	40,6	6,8
Кукурузная	21,8	4,1	3,6	0,5	1,1	26,0	40,6	6,4
Гороховая	15,6	7,4	6,8	0,6	1,7	33,0	37,9	5,0
Сенаж								
Клеверный	53,5	6,7	4,1	2,6	1,2	12,4	22,7	6,5
Вико-овсяный	50,0	5,2	3,2	2,0	1,7	13,9	22,7	6,5
Люцерновый	50,0	7,9	5,0	2,9	1,2	14,9	18,6	7,4
Злаковой травосмеси	50,3	5,4	2,8	2,6	1,4	11,0	22,5	9,4
Силос								
Кукурузный в фазе молочной спелости	80,6	1,6	0,8	0,8	0,4	5,5	10,2	1,7
То же, в фазе молочно-восковой спелости	75,7	1,8	1,2	0,6	0,7	6,1	13,6	2,1
Подсолнечниковый	76,0	2,5	1,7	0,8	1,1	7,0	10,6	2,8
Травы луговой	77,0	3,8	2,4	1,4	2,3	6,6	7,3	3,2
Вико-овсяный	71,0	4,6	2,7	1,9	1,4	8,8	11,6	3,1
Корнеклубнеплоды, сочные плоды								
Свекла кормовая	87,6	1,3	0,8	0,5	0,1	0,9	9,1	1,0
» полусахарная	82,8	1,6	0,9	0,7	0,1	1,1	13,2	1,2
Свекла сахарная	76,8	1,6	1,0	0,6	0,2	1,4	19,0	1,0
Картофель	77,7	1,9	1,3	0,6	0,1	0,6	18,7	1,0
Морковь	87,7	1,2	0,7	0,5	0,2	1,1	8,9	0,9
Тыква	90,2	1,3	1,0	0,3	0,4	1,3	6,2	0,6
Куузику	89,6	1,2	—	—	0,1	1,4	6,4	1,3
Арбуз кормовой	91,5	0,7	0,3	0,4	0,3	2,1	4,7	0,7
Зерно								
Кукуруза	14,8	10,2	9,3	0,9	4,7	2,7	66,1	1,5
Овес	13,3	10,7	9,5	1,2	4,3	9,9	58,7	3,3
Просо	12,0	12,3	11,0	1,3	3,3	8,3	60,8	3,3
Пшеница	12,0	14,7	13,0	1,7	2,1	2,6	66,8	1,8
Рожь	13,0	12,7	11,9	0,8	1,9	2,2	68,4	1,8
Сорго	13,0	12,5	10,5	2,0	2,9	3,5	65,8	2,3
Ячмень	13,0	10,5	9,3	1,2	2,3	5,5	65,7	3,0
Бобы	12,0	27,3	24,4	2,9	1,6	7,7	48,2	3,2
Горох	13,6	22,2	19,8	2,4	1,9	5,4	54,1	2,8
Люпин	14,5	31,5	28,9	2,6	5,2	13,2	32,5	3,1
Соя	11,4	33,2	28,1	5,1	15,3	7,3	27,6	5,2
Чечевица	13,1	24,6	21,5	3,1	1,3	4,3	53,6	3,1

Продолжение

Корма	Вода	Сырой протеин			Жир	Клетчатка	БЭВ	Зола
		всего	белка	амидов				
Отходы от переработки зерна, свеклы и других кормов								
Стержни кукурузных початков	11,7	3,1	2,9	0,2	0,9	32,5	49,9	1,9
Отруби пшеничные	14,8	15,5	14,0	1,5	3,2	8,4	53,2	4,9
Отруби ячменные	13,8	13,9	11,9	2,0	3,5	12,8	51,1	4,9
Барда хлебная свежая	91,0	1,9	1,3	0,6	0,4	0,9	4,5	1,3
Барда хлебная сухая	8,0	14,9	12,4	2,5	6,0	20,8	51,2	7,1
Барда картофельная свежая	95,3	1,2	0,9	0,3	0,6	0,6	1,8	0,5
Барда картофельная сухая	8,0	14,9	12,4	2,5	6,0	20,8	51,2	7,1
Барда кукурузная свежая	88,2	2,7	2,2	0,5	1,0	1,1	6,5	0,5
Барда кукурузная сухая	8,5	22,0	19,6	2,4	10,9	10,6	44,5	3,5
Дрожжи кормовые	11,5	43,7	36,8	6,9	2,2	1,4	33,9	7,3
Дрожжи пекарские	73,2	13,0	10,7	2,3	0,8	0,1	10,6	2,3
Дробина пивная свежая	76,8	5,8	5,4	0,4	1,7	3,9	10,7	1,1
Дробина сухая	11,3	21,7	20,0	1,7	5,9	16,0	40,6	4,5
Жом свежий	88,8	1,2	1,0	0,2	0,3	3,3	5,7	0,7
Жом аммонизированный	89,9	2,6	1,5	1,1	0,6	3,1	2,5	1,3
Жом сушеный	13,2	7,7	7,3	0,4	0,5	19,5	55,7	3,9
Патока кормовая	19,6	9,9	—	—	—	—	63,0	7,5
Отходы столовых и кухонь	83,5	2,7	2,2	0,5	1,1	0,6	10,6	1,5
Отходы общественного питания	78,8	3,5	3,0	0,5	1,7	0,9	13,0	2,1
Жмых конопляный	11,2	30,4	29,8	0,6	10,2	22,6	17,9	7,7
Жмых льняной	10,9	29,2	27,6	1,6	9,6	10,5	32,9	6,9
Жмых подсолнечниковый	8,8	39,2	36,4	2,8	10,2	13,0	22,5	6,3
Жмых соевый	12,9	38,5	37,0	1,5	7,6	4,8	30,7	5,5
Жмых хлопчатниковый	9,0	37,0	36,2	0,8	8,2	11,0	28,4	6,4
Корма животного происхождения								
Мука мясо-костная	8,3	51,7	43,9	7,8	12,8	0,8	4,3	22,1
Мука мясная	10,4	54,3	48,6	5,7	15,6	—	6,0	13,7

Продолжение

Корма	Вода	Сырой протеин			Жир	Клетчатка	БЭВ	Зола
		всего	белка	амидов				
Рыба свежая	70,8	9,7	6,6	3,1	5,3	—	2,0	12,2
Мука рыбная стандартная	9,4	59,4	—	—	1,9	—	0,4	28,9
Молоко цельное (жирность 3,5—4%)	87,0	3,6	3,6	—	3,8	—	4,9	0,7
Молоко снятое	90,9	3,3	3,3	—	0,3	—	4,8	0,7
Пахта	90,5	3,5	3,5	—	0,7	—	4,6	0,7
Мука из гидролизованного пера	9,0	75,0	—	—	4,0	—	2,0	10,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Коэффициенты переваримости питательных веществ кормов для крупного рогатого скота

Корма	Органического вещества	Протеина	Белка	Жира	Клетчатки	БЭВ
Зеленый корм						
Трава заливного луга	—	66	53	50	62	68
» лесного пастбища	61	52	50	46	52	66
» луговая пастбищная	—	62	58	43	58	68
» пастбищная злаково-разнотравная	59	60	60	41	53	65
То же, цветение	68	71	70	49	61	75
» плодоношение	50	59	59	8	46	64
Трава пастбищная разнотравно-злаковая, до цветения	69	67	68	41	60	77
Трава типчаково-ковыльного пастбища	62	50	46	43	60	63
Трава степная	—	65	63	50	55	66
» культурного пастбища, отава	58	59	—	73	61	53
Кукуруза зеленая	—	66	55	72	57	78
» выход в трубку	69	67	—	55	62	76
» до выбрасывания метелки	77	64	72	65	68	81
Кукуруза цветение	69	68	62	52	70	69
Кукуруза молочно-восковая спелость	74	64	—	66	67	76
Кукуруза, початки	—	62	58	71	72	83
Овес	62	73	—	68	54	62
Рожь озимая	71	78	—	46	78	68
Сорго	70	66	—	77	67	73
Суданка	73	75	—	59	72	75

Продолжение

Корма	Органического вещества	Протеина	Белка	Жира	Клетчатки	БЭВ
Ячмень, начало выхода в трубку	85	79	—	75	85	88
Ежа сборная	60	64	—	57	57	61
Клевер	—	68	62	58	50	74
То же, цветение	67	71	68	54	48	76
Люпин кормовой	73	80	79	35	61	84
Люцерна	—	74	73	49	48	69
То же, цветение	86	75	—	18	68	80
Соя зерновая, зеленая	61	71	—	51	59	60
Эспарцет	74	80	—	73	68	77
Вико-овсяная смесь	—	74	65	51	56	69
То же	69	73	61	57	59	73
Клеверо-тимофеечная смесь	71	61	—	53	64	79
Ботва сахарной свеклы	—	72	68	—	73	83
» кормовой свеклы	—	67	67	50	56	76
» картофеля	—	56	56	29	43	61
Сено						
Болотное	—	54	49	39	50	51
»	53	52	49	34	54	54
Горное	—	51	48	53	56	65
Заливное	—	50	51	49	52	60
Злаково-разнотравное	68	49	47	48	53	54
Лесное	—	43	42	46	47	60
Луговое	—	53	48	46	50	60
» злаковое	—	58	55	37	56	63
» бобовое	—	75	68	50	39	70
» злаково-бобовое	—	56	58	37	49	66
Луговое злаково-бобово-разнотравное	—	59	32	51	42	67
Луговое злаково-осоковое	—	54	50	51	49	64
Луговое злаково-разнотравное	—	48	44	43	49	61
Луговое разнотравное	—	59	55	57	40	60
» суходольное	—	50	49	42	56	60
Целинное	—	46	40	42	51	60
Житняковое	60	57	52	44	58	63
Костровое	—	60	52	44	55	60
Суданки	—	62	57	52	63	65
Тимофеевки луговой	—	58	53	50	51	61
» степной	—	58	53	45	62	68
Клеверное	—	62	55	55	51	69
Люцерновое	—	70	66	43	43	66
Клеверо-тимофеечное	—	54	52	50	49	63
Солома						
Гороховая	—	48	40	44	38	55
Гречишная	—	46	40	42	45	52
Овсяная	—	43	32	32	53	46

Продолжение

Корма	Органического вещества	Протеина	Белка	Жира	Клетчатки	БЭВ
Пшеничная озимая	—	14	9	38	50	37
» яровая	—	19	19	31	50	40
Ржаная	—	24	16	32	51	39
Ячменная	—	27	21	39	54	53
Другие корма						
Побеги и листья березы	—	42	40	40	31	58
Хвоя сосны	—	—	—	65	25	18
Сенаж из клевера	60	51	—	50	52	68
Силос						
Кукурузный	—	57	34	70	62	72
»	71	60	—	69	71	72
Початков кукурузы	—	67	63	68	64	84
Подсолнечниковый	—	57	51	75	47	65
Разнотравный	—	49	35	63	51	53
Кукуруза+подсолнечник	—	53	48	66	57	77
Кукуруза+соя	—	64	49	69	55	69
Клевер+тимофеевка	—	63	49	72	53	67
Люпин кормовой сладкий	—	66	80	69	69	77
Корнеклубнеплоды, бахчевые						
Картофель	—	73	64	93	45	93
Капуста кормовая	—	76	73	59	64	82
То же	87	87	84	69	74	91
Морковь	—	67	62	50	54	96
Свекла кормовая	—	70	42	70	55	98
» полусахарная	—	79	80	30	49	95
То же	66	72	91	41	44	66
Свекла сахарная	—	79	80	30	49	95
Топинамбур	—	67	58	—	29	93
Тыква	—	75	53	55	60	88
»	80	76	60	56	62	90
Брюква	—	78	60	—	61	90
Зерновая дерть						
Гороховая	—	86	86	62	46	93
Кукурузная	—	73	73	86	66	94
Овсяная	—	78	78	83	25	77
Просяная	—	75	75	79	33	75
Пшеничная	—	84	84	63	47	92
Ржаная	—	83	83	60	53	92
Ячменная	—	76	76	74	35	88
»	82	81	76	55	48	88

Продолжение

Корма	Органического вещества	Протеина	Белка	Жира	Клетчатки	БЭВ
Кормовая мука						
Бобовая	—	87	87	80	58	91
Гороховая	—	86	86	63	46	93
Кукурузная	—	72	72	89	59	95
Овсяная сеяная	—	79	79	81	42	79
» непросеянная	—	77	71	80	33	78
Просяная	—	80	80	90	33	81
Пшеничная	—	88	88	65	51	90
Ржаная	—	83	83	65	58	92
Рисовая	—	52	52	86	43	74
Чумизы	—	89	89	93	14	88
Ячменная	—	80	80	75	23	90
Отходы производств						
Зародыши кукурузные	—	78	78	91	75	84
Лузга кукурузная	—	54	54	77	57	76
» овсяная	—	28	19	38	33	30
Мучель просяная	—	69	67	73	23	76
Мучка гречневая	—	70	68	84	31	83
» овсяная	—	79	79	76	25	75
» пшеничная	—	86	86	89	35	95
» рисовая	—	65	65	77	25	79
» соевая	—	89	89	90	39	69
» ячменная	—	77	77	79	23	92
Отруби гороховые	—	75	75	71	80	92
» кукурузные	—	54	54	77	57	76
» овсяные	—	50	50	55	37	71
Отруби пшеничные	47	74	75	60	38	62
» ржаные	—	73	73	81	33	74
» рисовые	—	65	65	77	25	79
» ячменные	—	81	81	78	22	78
Пыль мельничная	—	83	83	64	49	50
» пшеничная	—	83	83	52	23	48
Стержни кукурузных початков	—	—	—	34	60	54
Шелуха гороховая	—	53	53	57	79	83
» просяная	—	20	—	—	4	11
» рисовая	—	10	10	67	10	35
» соевая	—	44	44	57	51	73
» ячменная	—	28	19	38	33	30
Барда хлебная свежая	—	64	52	93	50	80
» сушеная	—	64	52	93	50	80
» картофельная свежая	—	52	42	40	28	64
Барда сушеная	—	52	42	40	28	64
» кукурузная свежая	75	65	64	90	90	73
» кукурузная сушеная	69	50	43	91	83	73

Продолжение

Корма	Органического вещества	Протеина	Белка	Жира	Клетчатки	БЭВ
Дробина пивная свежая	—	73	73	88	39	62
Дрожжи кормовые	—	89	89	100	—	90
» пекарские	—	91	91	63	—	100
» пивные	—	91	91	63	—	100
Жом разный	—	50	50	50	71	85
Мезга картофельная свежая	—	—	—	—	27	83
» силосованная	—	—	—	—	27	83
» картофельная сушеная	—	—	—	—	24	83
Мезга кукурузная сушеная	—	85	85	89	53	91
Патока кормовая (меласса)	—	51	—	—	—	91
Жмых конопляный	—	75	78	87	20	57
» льняной	—	84	79	87	47	83
» подсолнечниковый	71	75	—	67	55	80
» »	—	91	91	90	26	71
» соевый	—	90	88	88	78	94
» хлопчатниковый	82	86	83	99	50	78
Шрот кориандровый	—	55	55	88	56	80
» кукурузный	—	78	78	91	75	84
» льняной	—	86	86	89	49	80
» подсолнечниковый	—	92	88	93	33	77
» соевый	—	90	90	95	94	97
» »	89	90	88	71	75	92
» хлопчатниковый	—	82	79	79	65	66
» »	64	59	57	80	58	78

Корма животного происхождения

Молоко цельное, свежее	—	95	95	100	—	100
Молозиво коровье	—	95	95	100	—	100
Молоко цельное, сухое	—	89	89	45	—	98
Молоко снятое, свежее	—	93	93	98	—	96
Молоко снятое, сухое	—	89	89	45	—	98
Пахта	—	96	96	98	—	98
Сыворотка	—	90	90	100	—	100
Мука кровяная	—	92	81	100	—	—
» мясо-костная	—	73	55	93	—	50
» мясная	—	82	—	97	—	—
» рыбная	—	90	—	76	—	—
Яйцо куриное	—	93	—	94	—	—

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение (В. А. Аликаев) 3

Контроль полноценности кормления сельскохозяйственных животных *(Е. А. Петухова)* 5

Методы контроля полноценности кормления *(Е. А. Петухова)* 5

Некоторые последствия неполноценного кормления и тесты контроля полноценности *(Е. А. Петухова)* 10

Энергия 10

Протеин и аминокислоты 12

Каротин и витамин А (аксерофтол) 18

Витамин Е 23

Витамин D, кальций и фосфор 27

Витамин B_2 (рибофлавин) 34

Витамин B_3 (пантотеновая кислота) 37

Витамин B_{12} (кобаламин) 39

Калий, натрий, хлор 43

Магний 46

Марганец 48

Медь 51

Кобальт 57

Йод 60

Характеристика кормов и методы оценки их качества . . 66

Краткая характеристика состава и питательности кормов по отдельным зонам страны и факторы, влияющие на эти показатели *(Н. Т. Емелина)* 66

Корма растительного происхождения 67

Зеленый корм 67

Консервированные корма из зеленых растений 70

Остатки технических производств 82

Корма животного происхождения 84

Подкормки и добавки 85

Комбинированные корма 86

Методы оценки качества кормов 87

Сено *(Р. Ф. Бессарабова)* 87

Травяная мука *(Р. Ф. Бессарабова)* 91

Силос *(Л. Д. Халенева)* 95

Сенаж *(Л. Д. Халенева)* 102

Корнеклубнеплоды *(В. А. Аликаев)* 104

Болезни и повреждения картофеля 105

Жом *(В. А. Аликаев)* 108

Барда *(В. А. Аликаев)* 108

Зерновые корма *(В. А. Аликаев)* 109

Мучнистые корма *(В. А. Аликаев)* 116

Жмыхи и шроты *(В. А. Аликаев)* 119

Стр.

Корма животного происхождения (*В. А. Аликаев*) . . 123
Определение кормовой ценности и доброкачественности молока и отходов при его переработке 127
Комбикорма (*В. А. Аликаев*) 129

Методы химического анализа кормов 141

Взятие средней пробы кормов (*Р. Ф. Бессарабова*) . . . 141
Подготовка кормов к анализу и определение первоначальной воды (*Р. Ф. Бессарабова*) 150
Экспресс-метод определения общего количества воды в кормах (высушивание корма при 130° С) 151
Экспресс-метод определения общего количества воды с помощью влагомера 152
Определение гигроскопической воды 153
Определение сырого протеина в кормах 153
Определение азота по Кьельдалю (*Р. Ф. Бессарабова*) . 153
Определение азота фотоколориметрическим методом с использованием реакции индолфенольной зелени (по методике ЦИНАО) (*Е. А. Петухова*) 156
Определение сырого жира в кормах (*Р. Ф. Бессарабова*) . 159
Определение углеводов (*Л. Д. Халенева*) 162
Определение сырой клетчатки (модификация метода Ганнеберга-Штомана) 162
Определение сахаров центрифужным микрометром Бертрана-Бьерри (модификация Е. А. Петуховой) 165
Определение растворимых и легкогидролизуемых углеводов в кормах 168
Определение безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) 171
Методы озоления кормов и определения минеральных элементов (*Е. А. Петухова*) 171
Сухое озоление кормов 171
Определение сырой золы 172
Подготовка исходного раствора золы для анализа макро- и микроэлементов 173
Мокрое озоление кормов 174
Получение минерализатов для определения азота, фосфора, калия и кальция из одной навески корма 174
Определение кальция и магния 175
Определение фосфора 179
Пересчет данных химического анализа кормов (*Л. Д. Халенева*) 185
Расчет питательности кормов в овсяных кормовых единицах (*Л. Д. Халенева*) 187
Расчет питательности кормов в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ) (*Л. Д. Халенева*) 190
Методика расчета энергетической питательности зеленых, сочных, грубых и концентрированных кормов по содержанию сухого вещества и поправочным коэффициентам (*Е. А. Петухова*) 192

Методы определения витаминов 195

Определение каротина и витамина А в кормах, биологических объектах и препаратах (*Н. Т. Емелина*) 195
Определение каротина в кормах по методу ВИЖ . . . 196

Стр.

Определение витамина А в биологических объектах . . 199
Определение витамина А и каротина в молоке и молочном 201
Колориметрическое определение витамина А в молоке . 202
Колориметрическое определение каротина в молоке . . 203
Определение витамина А в печени 204
Определение витамина А в сыворотке крови 204
Определение каротина в сыворотке крови 205
Определение витамина А и каротиноидов в яйце . . . 206
Определение содержания витамина А в комбикорме, обогащенном этим витамином 207
Определение витамина А в премиксах 208
Определение витамина А в препаратах, содержащих этот витамин (по А. А. Дмитровскому) 208
Определение рибофлавина в яйце (*Л. Д. Халенева*) . . 209
Определение рибофлавина в яичном белке 210

Методы биохимических исследований крови и мочи . . . 212

Методы определения общего белка и белковых фракций сыворотки крови (*Р. Ф. Бессарабова*) 212
Рефрактометрический метод определения белка . . . 212
Определение белковых фракций сыворотки крови методом электрофореза на бумаге 215
Определение белковых фракций сыворотки крови экспресс-методом (по Олл-Маккорду в модификации С. А. Карпюка) 220
Определение резервной щелочности крови 222
Определение резервной щелочности плазмы крови по Ван-Слайку 222
Определение резервной щелочности крови диффузионным методом (в описании И. П. Кондрахина) (*Л. О. Халенева*) 226
Определение кальция в сыворотке крови (по де Ваарду) (*Л. Д. Халенева*) 228
Комплексометрический метод определения кальция в сыворотке крови 229
Определение неорганического фосфора в сыворотке крови (по Р. Я. Юделевичу) (*Л. Д. Халенева*) 230
Определение неорганического фосфора в безбелковом фильтрате крови с ванадат-молибденовым реактивом . . . 234
Методы исследования мочи (*Л. Д. Халенева*) . . . 235
Определение ацетоновых (кетоновых) тел в моче . . 236
Определение белка в моче 237
Количественное определение белка в моче 238

Методы санитарно-гигиенического контроля качества воды для поения животных (*В. Ф. Костюнина, В. А. Аликаев*) . 240

Зоогигиенические требования к воде для поения животных . 240
Санитарно-зоогигиеническая оценка воды 244
Методы определения качества воды 246
Исследование химического состава воды 250
Бактериологические исследования воды 262
Обеззараживание питьевой воды 266

Методы определения и нормативные показатели состояния микроклимата в помещениях для сельскохозяйственных животных (*В. Ф. Костюнина*) 270

Стр.

Исследование физических свойств воздуха 270
Определение температуры 270
Определение атмосферного давления 290
Методы контроля за освещенностью животноводческих помещений 291
Определение уровня шума 296
Исследования химического состава воздуха 297
Определение количества пыли и микрофлоры в воздухе животноводческих помещений 303
Приложения 308

Владимир Аверьянович Аликаев, Екатерина Александровна Петухова, Любовь Дмитриевна Халенева и др.

СПРАВОЧНИК ПО КОНТРОЛЮ КОРМЛЕНИЯ И СОДЕРЖАНИЯ ЖИВОТНЫХ

Заведующий редакцией В. И. Орлов
Редактор К. С. Богданов
Художник Н. Т. Дмитриев
Художественный редактор Е. Г. Прибегина
Технические редакторы В. Ю. Осипов, Н. В. Новикова
Корректор Н. Я. Туманова

ИБ № 2066

Сдано в набор 27.11.81. Подписано к печати 19.03.82. Т-02980. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 16,8. Усл. кр.-отт. 16,8. Уч.-изд. л. 24,67. Изд. № 38. Тираж 68 000 экз. Заказ № 938. Цена 1 р. 40 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос», 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7