ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ бюджетное ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИИ**

**ТЕМА «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНОГО И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ»**

Ставрополь, 2023 г.

**Вопросы лекции**

1. **Обмен углеводов, жиров (липидов), белков (протеинов) и методы их определения.**
2. **История развития учения об общей питательности кормов и системы оценки питательности кормов, применяемые в настоящее время.**
3. **Системы оценки энергетической питательности кормов, применяемые в настоящее время.**

**1. ОБМЕН УГЛЕВОДОВ, ЖИРОВ (ЛИПИДОВ), БЕЛКОВ (ПРОТЕИНОВ) И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

Пищеварение – начальная стадия питания животных и не характеризует того, как используются (усваиваются) питательные вещества и как они трансформируются (превращаются) в продукцию.

Из питательных веществ, поступающих в кровь из пищеварительного канала, органы и ткани животного отбирают то, что им необходимо в качестве источника энергии и структурного материала.

На этой стадии обмена происходит расщепление сложных веществ до простых с выделением энергии, синтез составных частей клеток, образование продукции. Но на процесс переваривания и усвоения требуются затраты, причем разные для различных кормов. Поэтому окончательную оценку питательности корма можно определить только в процессе его взаимодействия с организмом животного на основании знаний количественных и качественных изменений в обмене веществ, при кормлении.

***К углеводам*** относятся вещества, состав которых в большинстве случаев отвечает общей формуле **Сn(H2O)m.** На два атома водорода в них приходится один атом кислорода, как и в воде.

В группу углеводов входят различные сахара, крахмал, клетчатка и другие, близкие к ним по структуре вещества.

Систематически изучать углеводы начал в середине 19 века А.М. Бутлеров. Углеводы построены из С, Н, О.

Глюкоза, фруктоза и галактоза формируются в клетках слизистой оболочки кишечника в присутствии фермента фосфорилазы и АТФ. Пентозы всасываются путем простой диффузии и поэтому с меньшей скоростью. Дисахариды могут всасываться при поступлении с кормом в большом количестве, но в этом случае они тотчас же выделяются почками. Только мальтоза расщепляется ферментом крови мальтазой на две молекулы глюкозы. Большая часть моносахаридов в клетках слизистой кишечника подвергается структурной перестройке и всасывается в виде глюкозы.

У животных с однокамерным желудком углеводы всасываются в виде моносахаридов и по системе воротной вены поступают в печень. У жвачных животных большая часть углеводов распадается до низших жирных кислот (уксусной, пропионовой и масляной), которые всасываются в рубце. Часть этих кислот разлагается до газов: СО2, СН4, Н2, удаляется при отрыгивании. Поэтому особенностью углеводного обмена у жвачных является образование глюкозы преимущественно из неуглеводного материала (из продуктов распада жирных кислот и аминокислот).

***Жиры*** содержаться в больших количествах в растениях и животных в виде эфиров глицерина с высшими жирными кислотами. Жиры бывают твердые и жидкие. Они в воде не растворяются, с трудом растворяются в спирте, хорошо растворяются в этиловом эфире, в жидких парафинах, бензоле и в ряде галогенопроизводных. При гидролитическом расщеплении жира получаются глицерин и свободные жирные кислоты.

К важнейшим жирным кислотам, содержащимся в жирах, относятся пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая и арахидоновая. Некоторые жиры, например, молочный, содержат также масляную кислоту.

90% липоидов всасывается в лимфатическую систему. В пищеварительном тракте после гидролиза жиров жирные кислоты с короткой цепью углеродных атомов проникают прямо в кровь, а с длинной цепью – в лимфу. Жир частично всасывается без предварительного гидролиза в виде эмульсии жировых шариков диаметром не более 0,5 микрона.

***Белки*** – это сложные органические соединения с высоким молекулярным весом. Ф. Энгельс писал: «Повсюду, где мы встречаем жизнь, мы находим, что она связана с каким-либо белковым телом, и повсюду, где мы встречаем какое-либо белковое тело, которое не находится в процессе разложения, мы без исключения встречаем и явления жизни. Структура белковой молекулы очень сложна: в нее входят С, Н, N, О, S, Р и др.

После расщепления беков корма аминокислоты легко и быстро всасываются в пищеварительном тракте и поступают в кровь, однако содержание аминокислот в ее плазме увеличивается слабо, так как они быстро усваиваются клетками, особенно печени и почках.

Всасывание белков возможно только в исключительных случаях, например, в течение первых дней рождения из молозива и молока поступает через кишечник специфический белок гамма-глобулин, что связано с передачей антител молодняку. В свою очередь аминокислоты используются организмом для синтеза белков, ферментов, гормонов, антител и др.

***Обмен веществ (метаболизм)*** – это процессы распада и окисления с освобождением энергии, которые становятся физиологически полезными, если они сопряжены с окислительным фосфорилированием. Значительная часть тепловой энергии, выделенной при гликолизе (распаде углеводов) и окислении (дыхании), переходит в макроэрги (химические связи, богатые энергией), главным образом в полифосфатных нуклеотидах, важнейшими из них являются АТФ и АДФ.

На основании химии пищеварения, чем является ферментативный гидролиз кормов и на применении классических методов И.П. Павлова были разработаны некоторые методы определения количественных и качественных изменений внутри организма животного.

Для оценки питательности кормов по результатам использования и трансформации питательных веществ в продукцию применяют несколько методов.

**Метод контрольных животных**

Один из них **метод контрольных животных.** Этот метод применяется с конца 19 века, и он позволяет определить использование питательных веществ кормов при разных условиях кормления и материальные изменения в теле растущих и откармливаемых животных.

Для этого подбирают несколько групп животных, желательно аналогов. Перед опытом забивают из каждой группы по 1-2 животных и определяют содержание белка и жира во всех продуктах убоя.

Оставшихся животных кормят на протяжении определенного периода изучаемыми кормами или рационами. В течение всего опытного периода учитывают количество съеденного корма.

В конце опыта забивают по 3-5 животных, анализируют продукты убоя по содержанию белка и жира. Разница в количестве белка и жира в организме животных до опыта и после него будет говорить о материальных изменениях в теле животных под влиянием изучаемого кормления.

**Метод меченых атомов**

Этот метод основан на современных достижениях науки. Наиболее он применим при изучении использования минеральных веществ кормов.

В организм животных вместе с кормом, водой и т.д. вводятся изучаемые элементы в определенной пропорции с радиоактивными или стабильными изотопами. По окончании эксперимента приборами определяют содержание этих изотопов в органах, тканях, выделениях, молоке и других продуктах. При расчетах результатов считается, что усвоение организмом изучаемого элемента пропорционально усвоению его изотопа.

Этот метод позволяет изучить не только усвоение элемента, но и обмен веществ.

**Балансовый метод**

Наиболее точный и трудоемкий – балансовый метод. Проводится с целью определения усвояемости (переваримости) животными питательных веществ корма. Состоит из подготовительного (7 сут.) и учетного (10 сут.) периодов. В подготовительный период животные привыкают к рациону, который скармливается в учетном периоде. Количество переваримых веществ вычисляется как разность между средним суточным потреблением и средним выделением веществ из организма. Принято определять не абсолютное количество переваримых питательных веществ, а относительное в процентах (коэффициент переваримости).

*Методика определения переваримости.* Подбирают животных – аналогов; запасают требуемое количество кормов, которое намечено изучить; оборудуют станки или специальные клетки для подопытных животных, готовят необходимый инвентарь (резиновые мешочки или тазики для сбора кала и др.). Перед началом опыта берут образец (ср. пробу) испытуемого корма и подвергают его хим. анализу на содержание в нем воды, золы, протеина, жира и углеводов. *Нельзя допускать, чтобы на испытуемый корм попадал вода или он пересыхал, так как это отразится на результатах опыта.* Продолжительность опыта для жвачных животных 20-28 суток, для свиней 12-14 суток. В опыте выделяют 2 периода – подготовительный и учетный. В подготовительный период животных приучают к используемому корму, обстановке. В этот период ведут учет корма, съеденного подопытными животными за каждые сутки. Продолжительность учетного периода для жвачных 8-10 дней, для свиней 6-8 дней. Опыт проводят на 3-5 здоровых животных. В учетный период ведут точный учет корма и выделенного кала. Корм дают строго по весу; несъеденные остатки тщательно собирают и взвешивают. Собранный утром и вечером или в конце суток кал взвешивают и хорошо перемешивают; от него отбирают образец, консервируют или высушивают. По окончании опыта из законсервированных образцов кала берут среднюю пробу для химического анализа; проводят его по такой же методике, что и анализ корма. По данным учета корма, съеденного за время опыта, по результатам его химического анализа определяют, сколько и каких питательных веществ поступило в организм животного; по весу же выделенного кала и его химическому составу узнают, сколько питательных веществ выделилось из организма. Разность между этими показателями и будет отражать количество переварившихся питательных веществ. Переваримость кормов принято выражать в процентах. Количество переваримых питательных веществ корма, выраженное в процентах от принятых в корме, называют коэффициентом переваримости.

При оценке материальных изменений в организме учитывается поступление и выделение азота, углерода и энергии. Не учитывается приход и расход воды, минеральных веществ и витаминов, так как они не являются источниками энергии, и изменение углеводов из-за их малого количества (из 500 кг веса на углеводы приходится около 2 кг).

*Баланс азота.* По нему определяют усвоение протеина корма, прирост или убыль белка в теле животного.

Азотсодержащие вещества корма в процессе переваривания в ЖКТ в основном всасываются в кровь, непереваримая часть выводится с калом. Всосавшиеся вещества идут на восстановление тканей и синтез продукции, и, частично в виде конечных продуктов обмена, выводятся с мочой.

Баланс азота выглядит следующим образом:

Nкорма = Nкала + Nмочи + Nотложений + Nпродукции или

Nотложений = Nкорма – Nкала + Nмочи + Nпродукции

Таким образом, для определения баланса азота надо знать его содержание в корме, кале, моче и продукции.

*Это очень упрощенная формула азотистого обмена, более подробно в учебнике.*

Чтобы установить баланс азота в организме животного проводят опыт по методике определения переваримости корма и дополнительно учитывают выделение мочи, а также молока у лактирующих самок. При этом баланс может быть положительным, отрицательным или нулевым.

Степень использования азота (протеина) оценивается при помощи коэффициентов использования принятого в корме азота и переваренного азота в организме животного.

КИазота = Nотложений и молока х 100 : Nкорма

КИпер.азота = Nотложений и молока х 100 : Nпереваренный

*Баланс углерода.* По балансу углерода определяют усвоение углеводов и жиров кормов и величину отложения жира в организме.

Углеродсодержащие вещества корма в процессе в процессе переваривания так же всасываются в кровь, оставшаяся часть выводится из организма с непереваренными остатками. В процессе пищеварения в ЖКТ образуется метан и углекислота, выделяющиеся с кишечными газами. На стадии усвоения углерод, поступивший в кровь и лимфу из пищеварительного тракта откладывается в теле в составе жира и белка организма. Неусвоенная его часть выводится из организма в составе мочи, выдыхаемого воздуха. Часть углерода войдет в состав производимой продукции.

Баланс углерода выглядит таким образом:

Скорма = Скала + Скиш.газов + Смочи + ССО2 + Сотложений + Спродукции или

Сотложений = Скорма – Скала – Скиш.газов – Смочи – ССО2 – Спродукции

Определение баланса углерода очень сложно, так как необходимо учесть газообмен животного, а это возможно только в специальных респирационных камерах.

Использование углерода корма также характеризуется процентным соотношением количества С, отложенного в белке и жире тела и выделенного в молоке от принятого в корме и переваренного в организме.

По балансу С можно определить отложение жира в организме животного.

По балансу азота и углерода можно рассчитать фактическое отложение белка и жира в теле животного или количество отложенной энергии.

**2. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УЧЕНИЯ ОБ ОБЩЕЙ ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ И ЕЕ ОЦЕНКИ**

Начинает свой отсчет с начала 19 века, когда в 1910 г. Альбрехтом Тэером была предложена таблица взаимозаменяемости сена среднего качества с другими кормами:

1 кг сена = 0,5 кг овса

 2 кг картофеля

 5 кг свеклы

 5 кг клевера

Широко применялась в животноводстве западноевропейских стран до 50-х годов XIX века.

Э. Вольф предложил оценку питательности кормов по химическому составу. Им были разработаны таблицы химического состава кормов, отражающие их питательность, предложен новый метод по сумме переваримых органических веществ (СППВ):

$СППВ=ПП+ПЖ×2,25+ПК+ПБЭВ$,

где ПП – переваримый протеин, ПЖ – переваримый жир, ПК – переваримая клетчатка, ПБЭВ – переваримые БЭВ (безазотистые экстрактивные вещества). Применялась во многих странах мира до начала XXI века, широко применяется в США. Достоинство метода в простоте, поскольку расчеты основаны на данных химического состава кормов, но не учитывает потери с мочой, газом, теплом.

О. Кельнер в 1905 году принял за эквивалент питательной ценности кормов 1 кг переваримого крахмала, обеспечивающий отложение в теле вола 248 г жира (крахмальный эквивалент).

Макс Рубнер заметил то, что питательные вещества в обменных процессах участвуют не в равных степенях. Им установлено измерение в единицах энергии количественное распределение питательных веществ корма.

1915 год Г. Армсби на основании учения М. Рубнера разработал схему энергетического баланса.

**Системы оценки энергетической питательности кормов**

Крахмальные эквиваленты О. Кельнера – это система оценки питательности кормов, получившая широкое применение в практике животноводства вначале 20 века. В основу заложен способ оценки питательности кормов по продуктивному действию (жироотложению) поступивших питательных веществ. (Константы жироотложения).

Фактическое жироотложение в теле животного при скармливании натуральных кормов в большинстве случаев отличалось от расчетного с использованием констант жироотложения чистых питательных веществ.

Термы Армсби – система оценки энергетической питательности кормов, основана на изучении баланса энергии у откармливаемых волов и выражается в единицах чистой энергии (нетто), отложенной в продукции. В качестве 1 терма = 1000 ккал или 4,187 МЖж.

**Эчистая=Эваловая-кала-мочи-газы-тепла**

1915 год – введена скандинавская кормовая единица. За единицу был взят 1 кг ячменя.

В 1933 году была введена единица СССР – овсяная кормовая единица, 1 кг овса среднего качества с жироотлогающей способностью 150 г или 0,6 крахмальн. эквивал.

**Оценка питательности кормов по ОЭ**

Впервые разработана в 1965 году Блекстером для жвачных животных. ОЭ корма представляет собой часть общей (валовой) энергии и используется организмом животных для поддержание жизни и образования продукции. Энергетическую питательность выражают в МДж по видам животных согласно системе оценок питательности кормов в ОЭ, эффективность ее использования зависит от живой массы, продуктивности, концентрации ОЭ в 1 кг сухого вещества.

Содержание ОЭ в корме или рационе определяется двумя способами:

Метод прямого определения – по разности содержания Э в принятом корме и выделенной в кале, моче, газах;

Путем расчета по уравнениям на основании данных по содержанию переваримых питательных веществ.

По Ж. Аксельсону содержание ОЭ в ППВ различных кормов рассчитывают:

1 г ПП=4,5 ккал (18,8 кДж), 1 г ПУ=4,2(17,6 кДж), 1 г СПОВ=4,4 ккал(18,4кДж).

В США в 1968 году Логфином и Гарретом была разработана система, где произошло разделение чистой энергии кормов на чистую для поддержания жизни и образования продукции.

В Германии в 1971 году в практику животноводства была введена ЭКЕ, которая дифференцируется на ЭКЕ для КРС – 1 – 2500 ккал, свиней – 1 – 3500 ккал и птиц – 3500 ккал.

**3. СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ**

Энергия – один из основных показателей питательной ценности корма для животного организма. Энергетическая питательность – это свойство корма удовлетворят потребность животных в органическом веществе, содержащем доступную для него энергию.

В качестве единиц энергии используется калория и джоуль. **Калория** – количество энергии в виде тепла, необходимое для повышения температуры 1 г воды на 1ºС при давлении в 1 атм. и температуре среды в пределах 14,5-15,5ºС. Один Джоуль равняется 0,2388 калорий, а одна калория – 4,1868 Джоуля.

Вся энергия, заключенная в корме называется **валовой энергией (***это суммарная энергия (Э) всех органических веществ корма, полученная путем сжигания средней пробы корма в кислородной среде калориметра. ВЭ = Эбелка+ Эуглеводов+ Эжира+ ЭБЭВ)*.

**Переваримая энергия** – энергия переваримых питательных веществ, разница между валовой энергией потребленного корма и энергией непереваренных веществ, выделенных с калом.

**Обменная энергия (ОЭ)** представляет собой совокупность энергетических затрат организма животного, необходимых для обеспечения определенного уровня жизнедеятельности, биосинтеза и отложения в веществах продукции. ОЭ– это часть валовой энергии, которая используется на поддержание жизни, образование теплопродукции и образование продукции. Эффективность использования ОЭ животными зависит от их живой массы, продуктивности и концентрации ОЭ в 1 кг СВ корма или рациона. Обменную энергию (ОЭ) кормов устанавливают в балансовых опытах по разности содержания её в принятом корме и выделенной с калом, мочой и кишечными газами, а также путем расчета на основе данных химического состава корма, переваримости питательных веществ с помощью соответствующих уравнений регрессии.

В нашей стране до 1985 года энергетическая питательность кормов и энергетические потребности животных выражались только в овсяных кормовых единицах.

**За 1 ОКЕ принято 150 г жира, откладываемых в теле вола от скармливания 1 кг овса среднего качества сверх поддерживающего рациона (**или 1414 ккал чистой энергии).

*Эта оценка несовершенна, т.к. в основе лежит принцип постоянства и неизменности продуктивного действия питательных веществ различных кормов без учета их качественного состава. Кроме того, опыты проводились на волах, а результаты были перенесены на другие виды животных.* Поэтому с 1986 г оценка питательности кормов в нашей стране оценивается не только в корм. ед, но и в показателях обменной энергии и ЭКЕ.

В США широко используется оценка питательности кормов по **сумме переваримых питательных веществ**, предложенная немецким ученым Э. Вольфом в 1874 г. СППВ может выражаться в весовых единицах. Для этого суммируется количество переваримых: протеина, клетчатки, БЭВ и жира х 2,25. Показатель может выражаться в процентах, сумма делится на количество потребленного корма и умножается на 100. СППВ является показателем энергетической питательности корма. В 1г СППВ содержится 4,41 ккал или 0,0184 МДж переваримой энергии.

Данная система удобна, так как для расчета используется только химический состав кормов, но она не точна. Тем не менее, в отличие от оценки по химическому составу или по ВЭ, эта оценка дифференцирована по видам животных, т. к. здесь учитывается КП.

**Обменная энергия (ОЭ)** может быть определена путем расчета на основе данных химического состава корма, переваримости питательных веществ с помощью соответствующих уравнений регрессии.

В качестве единицы энергетической питательности корма предложена ЭКЕ. 1 ЭКЕ приравнивается к 2500 ккал или 10,468МДж ОЭ. Для крупного рогатого скота в нашей стране используется пересчет 10 МДж в 1 ЭКЕ. СППВ также можно перевести в ОЭ, используя коэффициенты перевода в зависимости от вида животных.

**ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1. Опишите основные методы определения обмена питательных веществ.
2. Перечислите основные этапы развития учения оценки питательности кормов.
3. Какие системы оценки питательности кормов применяются сейчас?

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Токарев, В. С. Кормление животных с основами кормопроизводства : учеб. пособие ; ВО – Бакалавриат, Специалитет. – Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2019. – 592 с. – URL: http://new.znanium.com/go.php?id=1013694.
2. Фаритов, Т. А. Корма и кормовые добавки для животных : учеб. пособие ; ВО – Бакалавриат, Магистратура/Фаритов Т. А. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 304 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/210464.
3. Хазиахметов, Ф. С. Рациональное кормление животных : учебное пособие; ВО – Бакалавриат/Хазиахметов Ф. С. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 364 с. – URL: https://e.lanbook.com/book/206411.
4. Кормление животных : метод. указания по выполнению курсовой работы для студентов заочной формы обучения направлений 36.03.02 – Зоотехния и 35.03.07 – Технология пр-ва и перераб. с.-х. продукции / сост.: В. И. Трухачев, Н. З. Злыднев, А. П. Марынич, А. М. Андрушко, И. Г. Сердюков ; СтГАУ. – Ставрополь: АГРУС, 2017.
5. Кормление животных : учебник для студентов вузов по направлениям: "Зоотехния" (бакалавриат) и "Ветеринария" (специалитет) : Т. 1/под общ. ред.: И. Ф. Драганова, Н. Г. Макарцева, В. В. Калашинкова ; МСХ РФ ; Рос. гос. аграрный ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева. – М.:РГАУ – МСХА, 2010. – 341 с.
6. Кормление животных : учебник для студентов вузов по направлениям: ""Зоотехния"" (бакалавриат) и ""Ветеринария"" (специалитет) : Т. 2/под общ. ред.: И. Ф. Драганова, Н. Г. Макарцева, В. В. Калашинкова ; МСХ РФ ; Рос. гос. аграрный ун-т – МСХА им. К. А. Тимирязева. – М.:РГАУ -МСХА, 2010. – 565 с.