

МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПИТАТЕЛЬНОСТИ КОРМОВ

ВОПРОСЫ:

1. Методы изучения материальных изменений в животном организме.
2. Способы оценки энергетической питательности кормов в крахмальных эквивалентах Кельнера, овсяных кормовых единицах, по обменной энергии.
3. Комплексная оценка питательности кормов и рационов.

Литература: 1,2,4,6-8

1. Для поддержания жизнедеятельности организма, образования продукции животным нужна энергия. Единственным источником энергии являются корма, точнее - органические вещества кормов. Значит, энергетическую питательность корма можно рассматривать как его способность удовлетворять потребность животного в органическом веществе - источнике доступной энергии.

Об энергетической питательности корма можно судить по его химическому составу: чем больше в корме сухого вещества, а в сухом веществе протеина, жира, безазотистых экстрактивных веществ, тем питательность выше. С другой стороны, чем больше воды, золы, тем ниже питательность. Отрицательно сказывается на питательности и избыточное количество клетчатки. Например, в соломе озимых культур ее содержание доходит до 35 % и более, поэтому и питательность примерно в 5 раз ниже, чем зерна.

Но оценка по химическому составу не учитывает взаимодействие корма и животного. Так, химический состав зеленой массы клевера и осоки почти одинаков. Но питательность осоки в 1,5 раза ниже, так как ее питательные вещества малодоступны для животных. Оценка питательности по сумме переваримых питательных веществ учитывает эту доступность или взаимодействия корма и животного, но не учитывает продуктивное действие корма. Например, сумма переваримых питательных веществ (СППВ) овса (62,5 %) и пшеничных отрубей (60,4 %) почти одинакова, но продуктивное действие этих кормов разное: 3 кг овса по продуктивному действию равны 4 кг пшеничных отрубей.

Вот почему с конца 19 века начался поиск новых способов оценки энергетической питательности кормов с учетом продуктивного действия или материальных изменений в организме. Под действием корма в организме изменяется содержание белка, жира, воды, минеральных веществ. Но при оценке энергетической питательности учитывают только содержание белка и жира, так как вода и минеральные вещества не являются источником энергии. Правда, в организме имеются углеводы, но в отличие от растений их немного (гликоген, глюкоза) и количество их стабильное.

В настоящее время используются два основных метода оценки энергетической питательности кормов по продуктивному действию: контрольных животных и балансовый - путем определения баланса веществ и энергии.

Сущность **метода контрольных животных**: о продуктивном действии судят по количеству белка и жира, которые откладываются в теле животного под действием изучаемого корма. Для этого животных убивают и определяют в тушах содержание белка и жира. Опыты проводят следующим образом: отбирают две группы животных - аналогов, с каждой группы убивают по 2-3 головы и определяют в тушах содержание белка и жира. Затем контрольная группа получает основной рацион, а опытная - дополнительно изучаемый корм, например, 1 кг ячменя. В конце опыта убивают всех животных и определяют дополнительное количество белка и жира за счет 1 кг ячменя по разности между группами. Достоинства данного метода в его точности, а недостатки в том, что опыты громоздки, требуют больших затрат, связаны с убоем животных. Неприменим этот метод на крупных племенных животных.

Поэтому чаще пользуются **балансовым методом**, когда о продуктивном действии корма судят по балансу веществ и энергии.

Под балансом в кормлении понимают разницу между поступившими с кормами и выделенными из организма веществами или энергии. Чаще определяют баланс азота и углерода. По балансу азота судят об отложении в организме белка, по балансу углерода - об отложении жира. Баланс азота и углерода у растущих животных рассчитывают по формуле:

$N \text{ отложений} = N \text{ корма} - N \text{ кала} - N \text{ мочи}$

$C \text{ отложений} = C \text{ корма} - C \text{ кала} - C \text{ мочи} - C \text{ диоксида углерода} -$
выдыхаемого воздуха
- $C \text{ кишечных газов (метана)}$

Азот и углерод выделяются также с продукцией: с молоком - у лактирующих животных, с яйцами - у несушек.

Баланс может быть положительным, когда поступает больше, чем выделяется, отрицательным, когда, наоборот, поступает меньше, чем выделяется, и нулевым, когда количество поступившего равно выделенному. Положительный баланс обычно бывает у растущих животных при достаточном обеспечении их кормами. Отрицательный баланс возникает при голодании животных, когда в организме разрушаются белки, жиры собственного тела, теряется живая масса. Нередко отрицательный баланс бывает у высокопродуктивных коров, особенно в период раздоя. Отрицательный баланс возможен также при неудовлетворительном качестве протеина - недостатке незаменимых аминокислот, при дефиците минеральных веществ, необходимых для нормального использования протеина.

Для учета газообразных выделений углерода требуется определение газообмена. С этой целью животных помещают в специальные респирационные установки. Используют также масочный метод, когда с помощью масок

Однако этот метод требует строжайшего соблюдения правил техники безопасности по работе с радиоактивными материалами.

О материальных изменениях в организме под действием корма можно судить и по балансу энергии.

2. Способы оценки питательности кормов постоянно совершенствуются по мере накопления знаний об их составе, о физиологии питания животных. Впервые оценка питательности кормов в сравнительных единицах предложена немецким исследователем А. Теером в 1809 году. Он выразил годовую потребность в кормах коров в пересчете на сено: 1 кг картофеля, по мнению Теера, был эквивалентен 0,5 кг сена, 1 кг овса - 2 кг сена или 10 кг кормовой свеклы. Всего на голову крупного рогатого скота требовалось 2500 кг условного сена. Позже учениками Теера введено понятие «сенной эквивалент». В середине 19 века немецкие ученые Либих и Вольф предложили оценивать питательность кормов по валовому содержанию в них сырых питательных веществ.

Затем Вольф опубликовал таблицы питательности кормов, где указывалось содержание в них не сырых, а переваримых питательных веществ. Оценка питательности по переваримым веществам была заимствована и другими странами, включая Россию.

Первый научно-обоснованный способ оценки питательности кормов по продуктивному действию в **крахмальных эквивалентах** предложил немецкий ученый Оскар Кельнер в 1907 году. Крахмальные эквиваленты лежат в основе и овсяной кормовой единицы, которая применяется в нашей стране.

В балансовых опытах на волах Кельнер изучал отложение белка и жира (жироотложение) от чистых переваримых питательных веществ, то есть, определял продуктивное действие протеина, жиров и углеводов. В качестве протеина он скармливал пшеничную клейковину, в качестве углеводов - крахмал, сахар, целлюлозу; жиров - эмульсию масла земляного ореха (арахиса). Вначале изучалось жироотложение основного рациона, затем дополнительно скармливались чистые питательные вещества и по разности определялось жироотложение от этих веществ, то есть показатели их продуктивного действия.

Показатели продуктивного действия 1 г чистых питательных веществ

Переваримые питательные вещества	Количество жира и белка в пересчете на жир, отложенные в организме, г
Протеин	0,235
Жир грубых кормов	0,474
Жир зерновых и продуктов их переработки	0,526
Жир семян масличных и жмыхов	0,598
Крахмал и клетчатка	0,248

Позже показатели продуктивного действия названы константами Кельнера. Значит, если известно, сколько в корме содержится переваримых пита-

тельных веществ и показатели их продуктивного действия, можно определить жиросотложение, то есть питательность любого корма.

Например, продуктивное действие 1 кг овса составит:

Расчет продуктивного действия 1 кг овса

Переваримое вещество	Содержание в 1 кг, г	Константы Кельнера	Жиросотложение, г
Протеин	80	х 0,235	= 18,8
Жир	40	х 0,526	= 21
Клетчатка	30	х 0,248	= 7,4
БЭВ	450	х 0,248	= 111,6
Сумма			158,8

Значит, при скармливании 1 кг овса должно отложиться 158,8 г жира и белка в пересчете на жир - это расчетное жиросотложение. А если скормить 1 кг овса, отложится ли такое количество жира? То есть, совпадает ли фактическое жиросотложение с расчетным? Кельнер провел серию опытов, в которых определял фактическое жиросотложение кормов и сравнивал его с расчетным. Он изучил продуктивное действие 51 корма. Оказалось, что для зерен кукурузы, картофеля фактическое жиросотложение совпадало с расчетным. У других концентратов, корнеплодов фактическое жиросотложение было немного ниже. Для этих кормов Кельнер предложил коэффициент относительной ценности (или полноценности): отношение фактического жиросотложения к расчетному (К). В данном случае, К овса = $150 : 158,9 = 0,95$

Однако для грубых кормов разница между фактическим и расчетным жиросотложением была значительной: для сена - 37 %, а для соломы - 80 %. Низкое жиросотложение от этих кормов Кельнер объяснял высоким содержанием клетчатки, которая требует значительных затрат энергии при переваривании. Кельнер рассчитал, что каждые 100 г сырой клетчатки в грубых кормах снижают жиросотложение на 14,3 г.

За единицу питательности Кельнер предложил взять продуктивное действие 1 кг крахмала, оно равно 248 г жира. Значит, крахмальный эквивалент овса составит 0,6

$$\frac{248 \text{ г жира}}{150 \text{ г жира}} = x \quad x = 150 : 248 = 0,6$$

Следовательно, 0,6 кг крахмала и 1 кг овса дают одинаковое жиросотложение, равное 150 г. **Итак, крахмальный эквивалент, это количество килограммов крахмала, равное (эквивалентное) по жиросотложению 1 кг корма.**

Недостатки крахмальных эквивалентов базируются на ошибочном представлении о постоянстве продуктивного действия питательных веществ независимо от их состава, вида животных, направления продуктивности. Например, протеин в разных кормах неодинаков, в животных кормах его полноценность выше, чем в растительных. Разные виды животных по-разному переваривают одни и те же корма. Жвачные лучше переваривают грубые корма, чем моногастрические.

Оценка питательности по жируотложению мало подходит для лактирующих животных. Результаты, полученные на волах, Кельнер механически перенес на все виды животных. Оценка питательности кормов по методу Кельнера является довольно сложной.

Оценка питательности в овсяных кормовых единицах. В 1922-1923 годах вопрос об оценке питательности кормов в СССР рассматривала комиссия во главе с профессором Е.А. Богдановым. Основой для предлагаемой единицы питательности было решено взять крахмальные эквиваленты, так как они имели основательное научное обоснование. Но чтобы упростить понимание, ее несколько видоизменили, взяв за единицу питательную ценность не 1 кг крахмала, а 1 кг овса, поэтому и называли ее овсяной. Официально овсяная кормовая единица была утверждена 24 декабря 1933 года. По продуктивному действию овсяная кормовая единица равна 150 г жира, отложенного в теле взрослого крупного рогатого скота при скармливании 1 кг овса сверх поддерживающего кормления. Питательность остальных кормов была пересчитана по соотношению с крахмальным эквивалентом, учитывая, что 1 овсяная кормовая единица равна 0,6 крахмального эквивалента. Например, в 1 кг сена 0,3 крахмального эквивалента, значит, питательность сена в овсяных кормовых единицах составит 0,5 ($0,3:0,6$). В 1 кг картофеля 0,18 крахмального эквивалента, овсяных кормовых единиц - 0,3 ($0,18:0,6$). Слово «овсяная», как правило, опускают и называют просто - кормовая единица, сокращенно к.ед.

В настоящее время оценка питательности кормов в кормовых единицах проводится на основе фактических данных их химического состава, то есть определяют в кормах содержание протеина, жира, клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ), которые умножают на коэффициенты переваримости этих веществ (КП) и получают переваримые питательные вещества (ППВ). Переваримые вещества умножают на показатели их продуктивного действия (константы Кельнера) и определяют ожидаемое жируотложение. Чтобы найти фактическое жируотложение, вычитают поправку на клетчатку или умножают на коэффициент полноценности. На 1 кг содержащейся в корме сырой клетчатки уменьшают жируотложение: в сене, соломе - на 0,143 кг, в мякине - на 0,072 кг, в зеленых, силосованных кормах при 12,0-14,0 % клетчатки - на 0,131 кг, при 10,0-11,9 - на 0,119; при 8-9,9 - на 0,107, при 6-7,9 - на 0,094, при 4-5,9 - на 0,082 кг.

Для концентрированных кормов и корнеклубнеплодов коэффициенты полноценности составляют, %:

Картофель - 100	Кукуруза - 100
Морковь - 87	Соя - 98
Свекла кормовая - 72	Отруби пшеничные - 79
Свекла сахарная - 76	Отруби ржаные - 76
Рожь, пшеница, овес - 95	Жмых подсолнечный - 95
Ячмень, горох, бобы - 97	Молоко - 100

Пример расчета питательности в кормовых единицах
1 кг клеверного сена

Вещество	В 1 кг сена, г	КП	ППВ, г	Константы Кельнера	Расчетное жироотло- жение, г
Протеин	101 х	53:100 =	53,5 х	0,235 =	12,6
Жир	12 х	57:100 =	6,8 х	0,474 =	3,2
Клетчатка	289 х	48:100 =	138,7 х	0,248 =	34,4
БЭВ	387 х	67:100 =	259,3 х	0,248 =	64,3
Всего					114,5

Жиропонижающее действие клетчатки: 41,3 г (100 г сырой клетчатки снижают жироотложения на 14,3 г, 289 г - х, х = 14,3 х 289:100)

Фактическое жироотложение: 73,2 г (114,5-41,3)

Так как 1 к.ед. по жироотложению равна 150 г жира, то питательность 1кг сена составит 0,49 к.ед. (73,2:150).

Недостатки овсяных кормовых единиц те же, что и у крахмальных эквивалентов. Эта единица базируется на продуктивном действии переваримых питательных веществ. Но разные виды животных, во-первых, по-разному переваривают корма, во-вторых, по-разному используют переваримые вещества.

Жвачные, как уже отмечалось, лучше переваривают корма с большим содержанием клетчатки (грубые). Зато свиньи лучше переваривают корма, богатые крахмалом, сахаром (концентраты, картофель, сахарная свекла). По-разному эти виды животных и используют переваримые вещества: у жвачных с мочой и кишечными газами теряется около 18 % переваримых веществ, а у свиней - около 6 %. Эти различия овсяная кормовая единица не учитывает и питательность одного и того же корма в этих единицах одинакова для всех видов животных, что не соответствует действительности.

Оценка питательности кормов по обменной энергии. Учитывая недостатки овсяных кормовых единиц, на пленуме отделения животноводства Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук в 1963 году было предложено оценивать питательность кормов по обменной энергии - в энергетических кормовых единицах (ЭКЕ). Чтобы понять сущность новой единицы питательности, рассмотрим схему баланса энергии у животных.

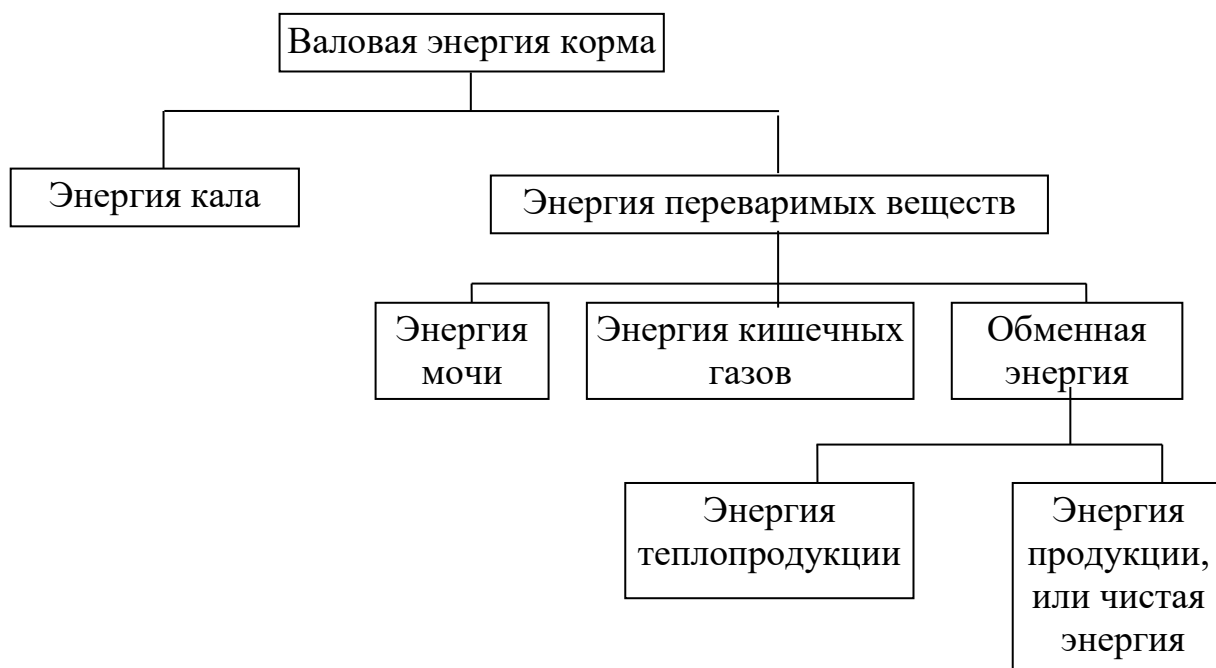


Схема баланса энергии

Из схемы видно, что обменная энергия равна разности между валовой энергией корма и энергией кала, мочи, кишечных газов. Она представляет собой часть энергии корма или рациона, которую животное использует для обеспечения своей жизнедеятельности (поддержания жизни) и образования продукции. Поэтому оценка по обменной энергии более объективно характеризует энергетическую питательность корма для животного, чем оценка в овсяных кормовых единицах по продуктивному действию (по чистой энергии). Ведь чистая энергия - это лишь часть энергии корма, затраченной на производство продукции. А животные расходуют доступную энергию не только на образование продукции, но и на поддержание жизни. **За 1 энергетическую кормовую единицу (ЭКЕ) предложено 10000 кДж или 10 МДж обменной энергии.**

Предложены индексы, в которых к обозначению ЭКЕ присоединяется буква, означающая вид животных: ЭКЕ крс - для крупного рогатого скота, ЭКЕ о - для овец, ЭКЕ с - для свиней, ЭКЕ л - для лошадей, ЭКЕ п - для птицы.

Содержание обменной энергии (ОЭ) в кормах и рационах определяют для каждого вида животных в балансовых (обменных) опытах по формулам:

$ОЭ_{крс} = Э_{валовая} - (Э_{кала} + Э_{мочи} + Э_{газов})$ - для крупного рогатого скота

$ОЭ_{с} = Э_{валовая} - (Э_{кала} + Э_{мочи})$ - для свиней

$ОЭ_{п} = Э_{валовая} - Э_{помета}$ - для птицы

Потери энергии с газами для жвачных животных и лошадей устанавливают в респирационных опытах или используют поправки на метан (в % от валовой энергии): для концентратов и корнеклубнеплодов - 5, для зеленых кормов и силоса - 10, для грубых кормов - 15.

Обменную энергию можно также определить расчетным методом по следующим формулам:

Для крупного рогатого скота

$$\text{ОЭ крс} = 17,46 \text{ пП} + 31,23 \text{ пЖ} + 13,65 \text{ пК} + 14,78 \text{ п БЭВ}$$

Для овец

$$\text{ОЭ о} = 17,71 \text{ пП} + 37,89 \text{ пЖ} + 13,44 \text{ пК} + 14,78 \text{ п БЭВ}$$

Для лошадей

$$\text{ОЭ л} = 19,46 \text{ пП} + 35,43 \text{ пЖ} + 15,95 \text{ пК} + 15,95 \text{ п БЭВ}$$

Для свиней

$$\text{ОЭ с} = 20,85 \text{ пП} + 36,63 \text{ пЖ} + 14,27 \text{ пК} + 16,95 \text{ п БЭВ}$$

Для птицы

$$\text{ОЭ п} = 17,84 \text{ пП} + 39,78 \text{ пЖ} + 17,71 \text{ пК} + 17,71 \text{ п БЭВ},$$

где ОЭ - обменная энергия в МДж, пП - переваримый протеин, кг, пЖ - переваримый жир, кг, пК - переваримая клетчатка, кг, п БЭВ - переваримые безазотистые экстрактивные вещества, кг. Цифры указывают, сколько обменной энергии содержится в 1 кг переваримого вещества для разных видов животных. Содержание обменной энергии в грубых кормах для жвачных животных выше, чем для моногастричных, а в концентрированных кормах – наоборот.

При составлении кормовых балансов рекомендуют для упрощения расчетов питательность кормов выражать в ЭКЕ для крупного рогатого скота.

В Беларуси еще не принят стандарт на ЭКЕ. Поэтому наряду с овсяными кормовыми единицами указывается питательность кормов в МДж обменной энергии. Оценка питательности кормов по обменной энергии успешно применяется на птицефабриках, свиноводческих комплексах, что позволило разработать полноценные кормовые смеси и значительно сократить затраты кормов на единицу продукции.

3. Содержание доступной энергии является важным, но не единственным показателем питательности кормов и рационов. Оценка их питательности должна быть дифференцированной, то есть разделенной по отдельным элементам питания. Количество этих элементов постоянно возрастает по мере углубления наших знаний о физиологической роли питательных веществ в процессах обмена. В недавнем прошлом потребность животных определялась по 6 элементам питания: кормовые единицы, переваримый протеин, кальций, фосфор, поваренная соль и каротин. Как выяснилось, такая оценка является недостаточной, так как не учитывает необходимость балансирования всего комплекса питательных, минеральных, биологически активных веществ. Новые, детализированные нормы кормления учитывают более широкий комплекс незаменимых факторов питания (24-40 показателей). При этом исходят из того, что для получения высокой продуктивности, обеспечения здоровья и высоких воспроизводительных функций животных необходимо обеспечить всеми без исключения питательными веществами, в которых они нуждаются, независимо от того, в больших или малых дозах они нужны для организма. Возникла необходимость дифференцирования отдельных элементов питания.

Так, энергетическая кормовая единица (ЭКЕ) дифференцирована для отдельных видов животных, свиней, овец, птицы.

Комплексная оценка питательности учитывает не только содержание отдельных факторов питания, но и их взаимное влияние. Она проводится в соответствии с принятыми нормами. В детализированных нормах кормления энергетическую питательность оценивают по содержанию к.ед. и обменной энергии, протеиновую - по сырому, переваримому протеину, содержанию аминокислот (лизина, метионина, цистина, триптофана), углеводную - по количеству крахмала, сахара, клетчатки, липидную - по содержанию жира, минеральную - по макро- и микроэлементам (поваренной соли, кальцию, фосфору, магнию, калию, сере, железу, меди, цинку, кобальту, марганцу, йоду), витаминную - по каротину, витаминам А, Д, Е, группы В. Обязательный нормируемый показатель - сухое вещество. Для разных видов животных набор нормируемых показателей неодинаков. Например, для жвачных животных учитывают потребность и содержание в рационах крахмала, сахара, чтобы создать оптимальные условия для жизнедеятельности микрофлоры преджелудков, но не учитывают витамины группы В, которые синтезируются той же микрофлорой.

В системе комплексной оценки питательности кормов и рационов важное значение имеют не только абсолютные, но и относительные показатели: протеиновое, энерго-протеиновое, кислотно-щелочное, сахаро-протеиновое отношения, концентрация энергии в 1 кг сухого вещества. Чем выше продуктивность, тем больше должна быть энергетическая питательность сухого вещества рациона.

Важен и фактор времени. Желательно, чтобы все элементы питания поступали с кормами рациона одновременно. В этом преимущество кормосмесей, которые обеспечивают эффект дополняющего действия, то есть недостаток питательного вещества в одном корме компенсируется за счет другого. Скармливание животным кормов рациона в составе кормосмесей по сравнению с их раздельной дачей обеспечивает повышение продуктивности на 10-12 %. В составе кормосмесей повышается эффективность использования протеиновых, минеральных, витаминных добавок.

Следовательно, бесперебойное обеспечение потребностей животных всем комплексом необходимых элементов питания является непременным условием для наиболее полной реализации их генетического потенциала, сохранения здоровья, способности к воспроизводству.