



Обменная энергия в сырье. Сравнение значений, полученных с помощью опытных данных или уравнений для ПТИЦЫ

Автор: **Адхемар Оливейра** (Adhemar Oliveira)

Часть 1, продолжение статьи читайте в журнале «Корма и Факты» №9 (73), сентябрь 2016

Заключение

- Энергия является основным фактором, который влияет на стоимость кормов, и продуктивность птицы.
- Специалисты по кормлению животных обычно используют табличные значения обменной энергии для кормового сырья.
- Табличные значения невозможно скорректировать с учетом изменчивости питательности кормового сырья. Поэтому для отдельных кормовых ингредиентов были разработаны уравнения для определения содержания в них энергии.
- Уравнения необходимо использовать с осторожностью, так как получаемая с их помощью величина может существенно отличаться от табличных значений.
- В статье предложен метод применения уравнений для корректировки табличных значений энергии. Он позволяет более рационально использовать энергию кормового сырья.

1. Бройлеры используют энергию рациона для различных целей

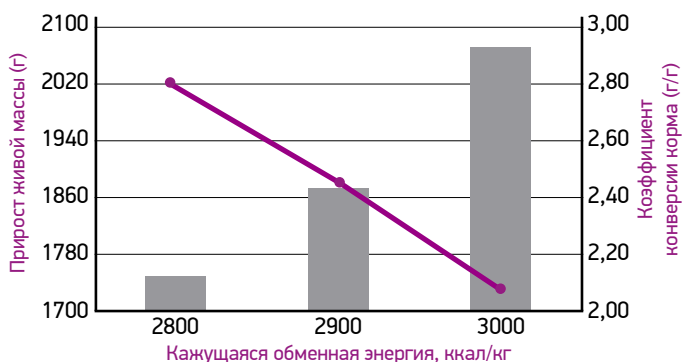
Бройлеры получают энергию из кормовых ингредиентов в результате переваривания и всасывания питательных веществ,

таких как глюкоза из сахара или крахмала, жирные кислоты или аминокислоты из белков. Затем питательные вещества поступают в различные ткани с кровотоком. Попав в клетки, питательные вещества хранятся в виде веществ, содержащих энергию, таких как белки, жиры и гликоген, или окисляются, образуя легкодоступный источник энергии для обменных процессов. Доступная энергия используется в многочисленных физиологических и биохимических процессах.

Повышение уровня энергии в рационах для бройлеров улучшает прирост живой массы и коэффициент конверсии корма (см. **Рисунок 1**). Однако чрезмерное потребление энергии может линейно увеличивать уровень отложения жира (УОЖ), при котором уровень отложения протеина (УОП) может достигать максимального значения (см. **Рисунок 2**). Данный максимальный УОП может быть обусловлен дефицитом или несбалансированным соотношением аминокислот или тем, что животное достигает своего максимального генетического потенциала, хотя в последних работах установлено, что современные бройлеры продолжают реагировать на увеличение уровней сбалансированного протеина (Lemme и соавт., 2009).

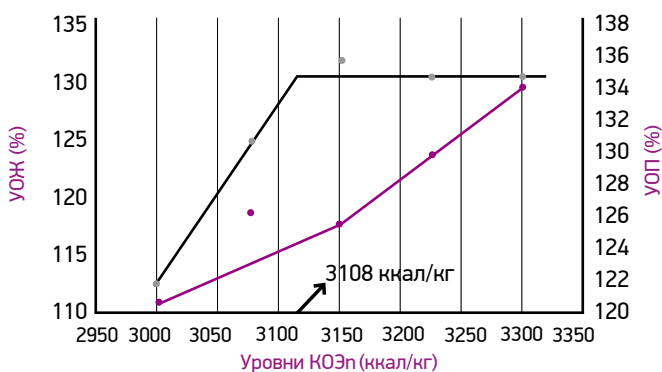
Оливейра Нето (Oliveira Neto) (1999) измерил УОП как раз-

Рисунок 1. Влияние КОЭп на продуктивность бройлеров в возрасте 29–56 дней (по материалам Bertechini, 1987)



- Прирост живой массы (г)
- Коэффициент конверсии корма (г/г)

Рисунок 2. Влияние уровня энергии в рационе на содержание жира и протеина в организме бройлеров на 42-й день в сравнении с показателями, измеренными на 22-й день жизни (100 %) (Oliveira Neto и соавт, 1999)



- УОЖ (%)
- УОП (%)

ницу между процентным соотношением белка в организме бройлера на 22-й и 42-й дни жизни. Эта же процедура была применена для определения УОЖ. Уровень отложения жира увеличился на 9,2% при повышении уровня обменной энергии в рационе (ОЭ) с 3150 до 3300 ккал/кг и лишь на 7,2% при повышении уровня обменной энергии с 3000 до 3150 ккал/кг. УОП, напротив, достиг максимального значения при калорийности 3108 ккал МДж/кг и не изменялся при дальнейшем повышении уровня энергии в рационе. Таким образом, калорийность рациона свыше 3108 ккал МЭ/кг может быть использована только для отложения жира.

Эти наблюдения демонстрируют влияние энергии в рационе на состав тканей в организме. Количество энергии в рационе свыше потребности для достижения потенциального значения ОУП используется для отложения абдоминального или подкожного жира. Чрезмерное отложение жира в организме нежелательно, так как в конечном итоге оно увеличивает производственные затраты из-за неэффективного использования кормов и ухудшает качество тушки.

После того, как определено содержание обменной энергии в рационе, обеспечивающее оптимальную продуктивность, специалистам по кормлению нужно составить соответствующую

щие рецептуры рационов. В данном случае, ввиду конкуренции в мировом птицеводстве важно оценивать и учитывать правильное значение кажущейся обменной энергии (КОЭ) кормов, так как любое превышение может привести к потере рентабельности. Поэтому большое значение имеют анализ содержания питательных веществ в сырье и соответствующая корректировка состава корма. При этом уровни обменной энергии сырья нельзя оценить с помощью стандартного лабораторного анализа; вместо этого требуется проведение биологических исследований. Это ограничивает объем имеющейся информации по содержанию энергии, хотя она остается основным фактором затрат в кормах для птицы. Поэтому были разработаны альтернативные способы для оценки содержания энергии в кормовом сырье, такие как уравнения прогноза.

Целью настоящей статьи является обсуждение возможностей и ограничений в отношении использования уравнений для расчета содержания обменной энергии в кормовом сырье для птицы. Проводится оценка табличных значений содержания энергии в кормовых ингредиентах, которые используются в кормовой промышленности в настоящее время. Так как эти значения получены с помощью биологических анализов, то определенное содержание ОЭ существенно различается в зависимости от применяемой методологии. Это может быть главным объяснением разной энергетической питательности кормового сырья в разных таблицах. Проводится оценка точности нескольких уравнений, используемых для расчета содержания ОЭ в кормовом сырье. Значения, полученные с помощью этих уравнений, сравниваются с табличными данными.

2. Способы оценки содержания энергии в кормовом сырье

Животные получают энергию при окислении органических соединений, включая белки, жиры и углеводы. Энергия также накапливается в высокоэнергетических метаболитах, таких как аденозинтрифосфат (АТФ) вместе с побочными продуктами, такими как CO₂, H₂O и тепло. Кроме того, питательные вещества имеют разную энергетическую ценность (см. [Таблицу 1](#)).

Таблица 1. Валовая энергия (ВЭ) различных питательных веществ, используемых птицей

Крахмал	Глюкоза	Протеин	Жир
3,7 ккал/кг ВЭ	4,2 ккал/кг ВЭ	5,6 ккал/кг ВЭ	9,4 ккал/кг ВЭ

Brody (1994) и Национальный научно-исследовательский совет (NRC, 1998)

Энергетическая питательность кормового сырья или комбикорма может быть выражена в виде валовой, переваримой, обменной и чистой энергии (см. [Рисунок 3](#)).

Валовая энергия (ВЭ) – это энергия, выделяемая в виде тепла при полном сгорании органического вещества. Содержание ВЭ в кормовом сырье или готовых кормах может быть определено с помощью калориметрической бомбы. Фактически, данный анализ может быть выполнен в лаборатории, но ввиду различной доступности и использования энергии (см. ниже) отдельных видов сырья, он не имеет значимости в практическом кормлении птицы.

Перевариваемая энергия (ПЭ) рассчитывается как валовая энергия минус энергия, выделяемая с экскрементами, т.е.

энергетическая питательность кормового ингредиента после переваривания. У птиц сложно отделить экскременты от мочи, поэтому ПЭ не используется в птицеводстве.

Кажущаяся обменная энергия (КОЭ) определяется как ПЭ минус энергия, выделяемая с мочой и кишечными газами. У животных с однокамерным желудком газы вырабатываются в незначительном количестве и поэтому не принимаются во внимание. КОЭ обычно используется для оценки сырья и комбикормов, а также для установления норм. При этом системы обменной энергии подразделяются на кажущуюся обменную энергию с поправкой на баланс азота (**КОЭп**) и **истинную обменную энергию (ИОЭ)**.

Общепринятой системой оценки энергетической питательности кормов в птицеводстве является система КОЭп. Поправка на баланс азота была впервые предложена Hill и Anderson (1958), которые предположили, что потребленный, но не отложенный в организме азот содержится в помете преимущественно в форме мочевой кислоты, которая выводится почками. Валовая энергия для полного окисления мочевой кислоты составляет 8,22 ккал на грамм отложенного азота (N). Для того, чтобы скорректировать значения КОЭ на нулевой баланс отложения азота авторы предложили использовать поправочный коэффициент 8,22 ккал/г N. Несмотря на критические замечания о том, что только 60-80% выделяемого азота может приходиться на мочевую кислоту (NRC, 1994), КОЭп широко применяется до сих пор.

Согласно Sibbald (1982), концепция баланса азота необходима для того, чтобы скорректировать влияние возраста птицы на содержание энергии в кормовых ингредиентах. У молодняка протеин рациона, отложенный в тканях организма (рост), не катаболизируется, и поэтому этот протеин (азот) не увеличивает содержание энергии в экскрементах и моче.

С другой стороны, у взрослой птицы катаболизм более высокий, так как аминокислоты используются только для поддержания жизни, и поэтому большая доля потребленного протеина расщепляется, образуя мочевую кислоту. Эта взаимосвязь была подробно продемонстрирована Rodrigues (2000, см. [Таблицу 2](#)).

Приведенные ниже формулы помогают понять баланс азота и то, как он влияет на значения ОЭ.

$$\text{КОЭ} = (\text{потребление ВЭ} - \text{эксреция ВЭ}) / \text{потребление СВ}$$

$$\text{КОЭп} = [(\text{потребление ВЭ} - \text{эксреция ВЭ}) / \text{потребление СВ}] - 8,22 * (\text{потребление N} - \text{эксреция N}),$$

где:

ВЭ = валовая энергия

КОЭ = кажущаяся обменная энергия

КОЭп = кажущаяся обменная энергия с поправкой на баланс азота

СВ = сухое вещество

N = азот

Истинная обменная энергия (ИОЭ) определяется как КОЭ с поправкой на эндогенные потери энергии с экскрементами и мочой. Эндогенные потери энергии возникают в результате выделения энергии, присутствующей в пищеварительных соках и слизи, а также в слущенных клетках слизистой оболочки кишечника. Эти потери возникают в результате обмена веществ у животного и независимы от потребляемого кормового сырья. ИОЭ может быть скорректирована с учетом баланса азота (ИОЭп.)

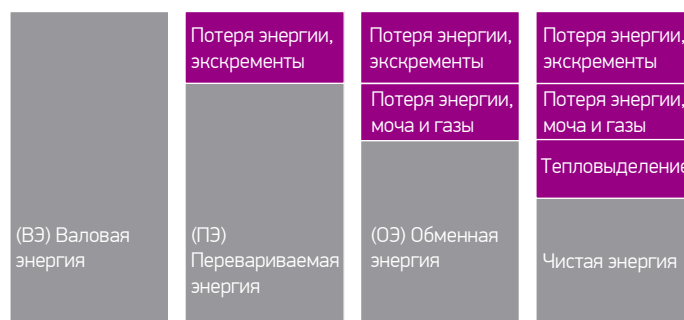
Формулировка ИОЭп была доработана и скорректирована

на в соответствии с потребностями бройлеров и кур-несушек (CVB, 2004).

Чистая энергия (ЧЭ) определяется как обменная энергия минус тепловыделение, связанное с использованием ОЭ для обмена веществ и затратами энергии на потребление и переваривание корма. Чтобы рассчитать ОЭ, необходимо знать тепловыделение, вызываемое ингредиентом, либо соотношение ЧЭ/ОЭ, которое специфично для каждого вида сырья. Это соотношение обозначает эффективность использования ОЭ для отложения энергии. Система чистой энергии в настоящее время широко применяется в кормлении свиней; однако в исследованиях на птице ее преимущества по сравнению с системами ОЭ не доказаны.

Следует отметить, что в кормлении бройлеров используются системы оценки энергетической питательности кормов на основе ОЭ. Необходимо упомянуть одно важное правило, которое следует учитывать при расчете рецептур корма: используемые рекомендации по питательности рационов и значения энергетической питательности кормового сырья должны основываться на одной и той же системе, в противном случае возможны серьезные ошибки при расчете рационов.

Рисунок 3. Системы оценки энергетической питательности рационов с учетом путей выделения энергии



3. Факторы, влияющие на значения энергии

Современные таблицы питательности кормового сырья (NRC, 1994; Rostagno и соавт., 2005; INRA, 2004; CVB, 2004) демонстрируют большие различия в значениях КОЭп для сырья животного происхождения по сравнению с растительным сырьем (см. [Таблицу 3](#)). Табличные значения энергии побочных продуктов животноводства существенно различаются при их сравнении:

- Мясокостная мука (51%) - 527 ккал/кг, NRC (1994) по сравнению с INRA (2004) + 389, ккал/кг NRC (1994)
- Перьевая мука по сравнению с INRA (2004) + 309, ккал/кг КОЭп Rostagno и соавт. (2005) по сравнению с NRC (1994)
- Субпродукты

Учитывая высокий уровень включения растительного сырья в корма для птицы, также важны различия между содержанием в них КОЭп, хотя они и не очень большие. Если взять, например, кукурузу, разница между содержанием в ней энергии, заявленным Rostagno и соавт. (2005), и значением INRA (2004) составляет 250 ккал/кг. Если рацион включает около 60% кукурузы, то это различие может привести к откло-

Таблица 2. Значения КОЭ и КОЭп (ккал/кг СВ), определенные в ходе обменных опытов у молодняка и взрослой птицы, с использованием общего количества собранного помета

Кормовой ингредиент	Молодняк			Взрослая птица		
	КОЭ	КОЭп	Разница	КОЭ	КОЭп	Разница
Кукуруза	3,749	3,699	50	3,444	3,736	-292
Глютеновая мука	4,314	4,108	206	3,772	3,982	-210
Соевый шрот	2,508	2,337	171	2,187	2,459	-272
СПО	3,550	3,400	150	3,503	3,736	-233
Микронизированная соя	4,260	4,104	156	4,003	4,180	-177
Среднее значение	3,439	3,280	159	3,231	3,458	-227

СПО – соя полножирная обжаренная. По материалам Rodrigues (2000)

Таблица 3. Содержание энергии в кормовых ингредиентах для птицы

Кажущаяся обменная энергия с поправкой на баланс азота (КОЭп, ккал/кг)				
Ингредиенты	Rostagno и соавт. (2005)	NRC (1994)	INRA (2004)	CVB (2004)
Кукуруза	3,381	3,350	3,131	3,210
Кукурузный глютен 60%	3,696	3,720	3,561	3,179
Сорго	3,192	3,288	3,227	3,143
Пшеница	3,046	3,120	2,892	2,866
Соевое масло	8,790	8,370	9,011	8,598
Соевый шрот 45%	2,256	2,230	-	1,829
Соевый шрот 48%	2,302	2,440	2,223	-
Мясокостная мука 45%	2,445	-	-	2,257
Мясокостная мука 51%	2,638	2,150	2,677	-
Перьевая мука 79-83%	2,734	2,360	2,749	2,720
Субпродукты	3,259	2,950	-	-


нению в содержании КОЭп на 150 ккал/кг и это только из-за расхождений между табличными значениями!

Эти расхождения можно частично объяснить влиянием нескольких факторов (Moughan и соавт., 2000):

- Особенности методов проведения экспериментов для определения содержания энергии в кормовом сырье;
- Физический и химический состав кормового сырья;
- Присутствие антипитательных факторов;
- Возраст птицы, используемой в экспериментах;
- Уровень включения изучаемых видов кормового сырья в корма;
- Размер частиц исследуемого кормового ингредиента.

Общеизвестно, что на энергетическую питательность кормового сырья влияет несколько факторов, однако зачастую они не учитываются при расчете рецептур кормов. Уровни кальция, фосфора, сырого протеина и аминокислот часто

корректируются в таблицах в соответствии с лабораторными анализами, а значения энергии в большинстве случаев остаются неизменными, так как их необходимо определять с помощью биологических исследований. В компаниях, как правило, нет отдела или специального персонала для выполнения такого вида исследований, что ограничивает знания об энергетической питательности кормового сырья, используемого на комбикормовых заводах.

С учетом этих ограничений были разработаны уравнения по определению содержания энергии в кормовом сырье с учетом его химического состава (March и Biely, 1973; Sibbald и Price, 1975; Villamide и San Juan, 1998; Vieites, 1999; Rodrigues и соавт., 2000; Nascimento и соавт., 2002). Задача этих уравнений заключается в том, чтобы сделать оценку питательной ценности более точной с учетом реального качества кормового сырья. 



ООО «Эвоник Украина»
01001, г. Киев, ул. Эспланадная, д. 32-в
тел.: +380 44 451 83 18, +380 44 451 83 19