

УДК 636.084/.087

ЭТЮДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КОРМОВ И РАЦИОНОВ США В РОССИИ

В.В. Попов, кандидат биологических наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1
vniikormov@mail.ru

ETUDES OF THE USA FODDER AND DIETS QUALITY EVALUATION SYSTEM IN RUSSIA

V.V. Popov, Candidate of Biological Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1
vniikormov@mail.ru

DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2021-1-65-80>

Статья является нарративом¹ о применении системы тестирования качества кормовых средств в США на конкретных примерах отечественной практики. Рассмотрены достоинства и недостатки американской системы оценки качества сена. Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория (МВЛ) адаптировала принципы системы США и распространила на все виды объемистых кормов из трав. Рекомендовано экспериментально проверить, экспертно обсудить предложения МВЛ и рассмотреть на ТК 130 «Кормопроизводство» в качестве проекта ГОСТ Р «Корма. Метод определения энергетической питательности». Во втором случае, на примере оценочного листа, присланного американской лабораторией тестирования качества кормов, рассмотрен рацион кормления молочной коровы в ЗАО «Дмитровские молочные фермы», созданного по американскому образцу: ассортимент, количество и качество кормов; фактическое и требуемое содержание питательных веществ в рационе; относительные параметры и соотношения питательных веществ; стоимостные показатели рациона. Для сравнения нормы Национального исследовательского совета (NRC) США по потреблению сухого вещества, концентрации распадаемого и нераспадаемого в рубце протеина сопоставлены с нормами ВНИИ животноводства РФ. Несовпадение расчетных параметров свидетельствует о необходимости их экспериментального подтверждения.

Ключевые слова: корма, система оценки, качество, нейтрально-детергентная клетчатка, кислотно-детергентная клетчатка, переваримость, питательность.

This article is a narrative about application of the USA fodder quality testing system in Russia. Merits and demerits of the American system of an assessment of hay quality are considered. The Leningrad interregional veterinary laboratory (IVL) adapted principles of this system and has extended to all kinds of bulky feeds. It is recommended to check IVL model experimentally, to discuss and to consider on TK 130 "Fodder production" as the project of GOST P "Forages. A method of energy value definition". In the second case, on an example of the assessment sheet sent by the American testing laboratory, the ration of

¹Нарратив – изложение личного мнения

feeding a dairy cow at JSC "Dmitrovskie dairy farms", created according to the American model, is considered: assortment, quantity and quality of forages; the actual and demanded content of nutrients in a ration; relative parameters and ratios of nutrients; ration cost indexes. For comparison of standards of National research council (NRC) of the USA on consumption of dry matter, concentration of rumen degradable and nondegradable protein are compared with norms All-Russian Research Animal Husbandry Institute. Discrepancy of calculated parameters testifies to necessity of their experimental corroboration.

Keywords: forage, testing system, quality, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, digestibility, nutritive value.

«Метод двигает науку» (академик И.П. Павлов). В 60-е годы прошлого столетия биохимик американского института питания животных Р. Van Soest [1; 2] предложил новую схему анализа кормов, разделив растительную клетку с помощью нейтрального детергента на протоплазму («содержимое клеток»), а с помощью кислотного детергента — на оболочку («стенки клеток»). Идея овладела миром, потому что оказалась верна. Правда, Европа, адаптировав нейтрально- (НДК) и кислотно-детергентную клетчатку (КДК), не отказалась от анализа кормов и рационов на содержание «сырой клетчатки» (СК).

Цивилизация Соединенных Штатов Америки, отгороженная от остального мира океанами, развивалась по своим законам. Поэтому система оценки кормов и рационов США существенно отлича-

ется от европейской. Американские ученые первыми разработали усовершенствованную схему химического анализа кормов (определение концентрации НДК, КДК и КДЛ) и ввели термин «переваримая нейтрально-детергентная клетчатка» (ПНДК) [3]. В.В. Богомолов и И.И. Малинин [4] предложили «достоверный способ определения энергетической питательности кормов», применяемый в ФГУ «Ленинградская межобластная ветеринарная лаборатория» (МВЛ). По существу, они изложили способ тестирования качества сена в США.

Считается [5], что показатели валовых количеств сырых питательных веществ не отражают содержание в них переваримых и непереваримых фракций. Энергетическую питательность кормов, так же как и в США, в МВЛ рассчитывают по переваримости сухого вещества:

Определение обменной энергии:

$$\text{ОЭ, МДж/кг СВ} = (1,808 \times \text{Переваримость СВ}/50) \times 4,18 \quad (1),$$

где 1,808 — константа;

50 — максимальный процент переваримости КДК люцерны;

4,18 — коэффициент пересчета калорий в джоули.

Определение чистой энергии для лактации:

$$\text{ЧЭЛ, МДж/кг} = ((\text{Переваримость СВ} \times 0,01114) - 0,054) \times 9,2 \quad (2).$$

В свою очередь, переваримость СВ кормов кислотно-детергентной клетчатки (ПСВ) определяют по содержанию в корме (КДК) по уравнению:

$$\text{ПСВ, \%} = 88,9 - (0,779 \times \text{КДК}) \quad (3).$$

Следует отметить, что уравнения регрессии, в том числе американские, имеют скорее региональное, а не глобальное значение. Общеизвестно, что для точных расчетов необходимы взаимосвязи, учитывающие конкретные ви-

довые и сортовые особенности данного региона.

Так, во ВНИИ животноводства имени Л.К. Эрнста (ВИЖ) переваримость сухого вещества рассчитывают по следующему уравнению [6]:

$$\text{ПСВ, \%} = 121 - 1,59 \times \text{КДК} \quad (4),$$

где ПСВ — переваримость сухого вещества корма, %;

121 — свободный член уравнения регрессии;

1,59 — коэффициент при переменной уравнения;

КДК — содержание кислотно-детергентной клетчатки в сухом веществе корма, %.

Для сравнения уравнений 3 и 4 построим графики изменения ПСВ на фактическом материале содержания

КДК, приведенном в публикациях В.В. Богомолова и И.И. Малинина (рис. 1).

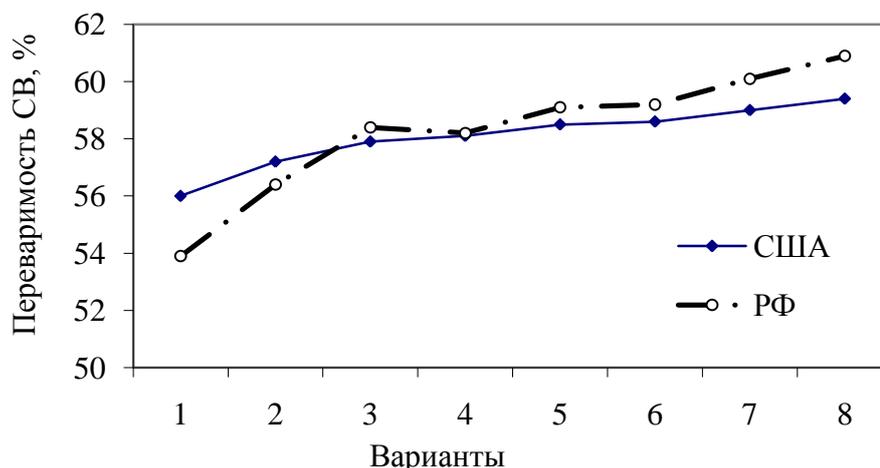


Рис. 1. Переваримость сухого вещества силоса, рассчитанная по уравнениям США и РФ

Как видно из рисунка 1, результаты совпадают только на уровне 58%. Узкий ареал применения характерен в целом для уравнений регрессии. Как пишет Dan Putnam [7], уравнения предсказания — чрезвычайно концептуальные модели, у которых есть определенные рамки, зависящие от многих факторов (вида корма, вида животных, научной школы, объема исследований и т. д.), и поэтому подлежат постоянному пересмотру и модификации в ходе дальнейших исследований

и развития идей. Нередко практики игнорируют данные об энергетической питательности кормов, представленные лабораторией, а вычисляют свои собственные. Считается, что региональные уравнения более совершенны для предсказания энергии.

Поскольку потребление сухого вещества корма находится в тесной зависимости ($r = -0,89$) от количества НДК в нем, то это, по мнению авторов, дает возможность определить потенциальное

потребление корма в процентах от живой массы животного по формуле:

$$\text{Потребление СВ} = 120/\text{НДК} \quad (5),$$

где 120 — константа;

НДК — нейтрально-детергентная клетчатка, % СВ.

Таким образом, чем выше уровень НДК, тем ниже поедаемость корма.

Заключительный этап американской системы оценки качества корма базиру-

ется на определении показателя относительной кормовой ценности (ОКЦ), выраженной в процентах от ОКЦ люцерны [8]:

$$\text{ОКЦ} = (88,9 - (0,779 \times \% \text{КДК})) \times ((120 / \% \text{НДК}) / 1,29) \quad (6).$$

ОКЦ — величина относительная, так как сравнивается с эталоном — люцерной в фазе полного цветения (100%). Константа 1,29 — потенциальное потребление переваримого сухого вещества люцерны (в процентах от живой массы), установленное в опытах на животных. Константа для других объемистых кормов колеблется от 1,1 до 1,2.

В конечном итоге, определение ОКЦ основано на показателе потребления переваримого сухого вещества корма.

Адаптируя американскую систему, авторы Ленинградской модели не уточнили значение многих констант, используемых в уравнениях.

То же касается и формулы для расчета ОКЦ:

$$\text{ОКЦ} = (\text{Переваримость СВ корма} \times \text{Потребление СВ корма}) / 1,29 \quad (7)..$$

Стандарты оценки качества объемистых кормов в США отсутствуют: нет необходимости организовывать соревнования между бригадами, стимулировать надбавкой к зарплате за высокое качество кормов, нет народного и партийного контроля.

Основа основ — конкуренция и прибыль. Стандартизованы только требования к качеству сена, производимому на продажу.

«Стандартный набор тестирования сена» — анализ на содержание СВ, КДК, НДК, СП, ОКЦ (табл. 1).

1. Химический состав и питательность по категориям качества сена люцерны [7]

| Качество | Кислотно-детергентная клетчатка (КДК), % | Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК), % | Относительная кормовая ценность (ОКЦ), % | Сумма переваримых питательных веществ (СППВ)* | Сырой протеин, % |
|--------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------|
| Высшее | менее 27 | менее 34 | более 180 | более 62 | более 22 |
| Отличное | 27–29 | 34–36 | 150–180 | 60,5–62 | 20–22 |
| Хорошее | 29–32 | 36–40 | 125–150 | 58–60 | 18–20 |
| Удовлетворительное | 32–35 | 40–44 | 100–125 | 56–58 | 16–18 |
| Плохое | более 35 | более 44 | менее 100 | менее 56 | менее 16 |

*Рассчитано по содержанию КДК: $\text{СППВ} = (82,38 - (0,7515 \times \text{КДК})) \quad (8).$

По образу и подобию таблицы 1, предназначенной для оценки качества люцернового сена в США, В.В. Богомолов и И.И. Малинин составили шкалу оценки качества объемистых кормов (табл. 2).

2. Определение класса качества объемистых кормов

| Класс | Сырой протеин, % СВ | КДК, % СВ | НДК, % СВ | ОКЦ, баллы |
|---------------------------------------------|------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Бобовые и бобово-злаковые объемистые корма | | | | |
| 1 | >19 | <31 | <40 | >140 |
| 2 | 17–19 | 31–35 | 40–46 | 124–140 |
| 3 | 13–17 | 36–41 | 47–51 | 101–123 |
| 4 | <13 | >41 | >51 | <100 |
| Злаковые и злаково-бобовые объемистые корма | | | | |
| 1 | >18 | <33 | <55 | 124–140 |
| 2 | 13–18 | 33–38 | 55–60 | 101–123 |
| 3 | 8–13 | 39–41 | 61–65 | 83–100 |
| 4 | <8 | >41 | >65 | <83 |

Если сравнить таблицы 1 и 2, то параметры оценки люцернового сена не сопоставимы. «Удовлетворительное» сено таблицы 1 соответствует II («хорошему») классу качества таблицы 2. Очевидно, что параметры таблицы 2 требуют дальнейшей тщательной проработки.

Стандарт оценки сена в США находится в постоянном развитии — подвергается критике и совершенствуется. Следует отметить негативное отношение специалистов к ОКЦ, которое вычисляется по НДК. Нет никаких нормативов для ОКЦ, и практики используют не расчетный показатель — ОКЦ, а данные лабораторных анализов о содержании КДК или НДК, чтобы сбалансировать рационы. То же касается оценки энергии по показателю суммы переваримых питательных веществ (СППВ), измеряемой по содержанию КДК, так как СППВ — величина расчетная, а КДК — фактически измеренная лабораторией. В «Нормах потребности для молочного скота в питательных веществах» Национального

научно-исследовательского совета США (ННИС США, NRC) расчет СППВ по содержанию КДК отсутствует.

Совместное использование показателей КДК и НДК не всегда целесообразно. Так, в западных штатах США установлено, что корреляция между КДК и НДК довольно высокая. Они дублируют друг друга. Поэтому достаточно какого-либо одного из этих показателей. В нормах NRC (National Research Council) [9; 10] в уравнениях, для балансирования рационов молочных коров применяется НДК, но не КДК. По этой, по-видимому, причине в нормах ВИЖ [11] также отсутствует показатель содержания в кормах КДК.

Негативное отношение специалистов связано еще и с тем, что показатели ОКЦ не коррелируют с надоями молока у коров или приростами живой массы у скота. Взамен ОКЦ был предложен другой индикатор — относительное качество корма (ОКК), определяемое по переваримой НДК [8]. Переваримость НДК

(ПНДК) повышает прогноз времени пребывания в желудочно-кишечном тракте и потребления кормовых культур. По показателю ПНДК в жидкости рубца за 30 часов определяют ограниченное потребление корма (при низкой ПНДК) или, наоборот, увеличение скорости эвакуации и потребления корма (при высокой ПНДК).

Очевидно, что оценка качества кормов в США находится в развитии. Для этого у нее есть все возможности. У университета каждого штата в наличии хорошо оснащенные институты, экспериментальные фермы и физиологические дворы, высококвалифицированные кадры, а главное — стремление усовершенствовать систему оценки качества кормов и рационов. В частности, в результате серьезной проверки «Нормы потребностей молочного скота в питательных веществах» NRC неоднократно пересматривали и существенно улучшали.

Инициативу В.В. Богомолова и И.И. Малинина внедрить американскую систему в Ленинградской и других областях следует только приветствовать. Наука интернациональна. Как учил В.В. Маяковский: «... глазами жадными цапайте всё то, что у вашей земли хорошо и что хорошо на Западе». Сделанные нами критические замечания не умаляют значения проделанной авторами работы, а имеют целью улучшить предлагаемую ими модель. Поскольку оценка качества кормов в России проводится по государственным стандартам, целесообразно модель экспериментально проверить, экспертно обсудить и предложить Техническому комитету «Стандартизация в кормопроизводстве» (ТК 130 «Кормо-

производство») в качестве проекта ГОСТ Р «Корма. Метод определения энергетической питательности».

Питательность каждого корма — величина не постоянная и меняется в зависимости от состава и сбалансированности рациона. Поэтому основное внимание нутриционистов США направлено на анализ рационов кормления животных. Рассмотрим пассаж на конкретном примере.

В начале текущего столетия группа компаний «Русские фермы» (президент американец русского происхождения А.Л. Даниленко) основала на Дмитровской земле Московской области ЗАО «Дмитровские молочные фермы» — «показательную ферму по выращиванию фермеров новой породы». Удивительным было то, что всем желающим предоставлялась возможность ознакомиться с диковинной фермой. Экскурсии следовали одна за другой. Четко работала служба приема и сопровождения экскурсантов. Более подробно о посещении фермы «Дмитровские молочные фермы» изложено в статье «Раньше Россия ездила за передовым опытом за границу, а теперь за опытом едут из-за рубежа в Россию» [12], а также в блоге И. Нечаева «Коровий «Освенцим» (<http://www.derevenka.su/page125.html>).

В конце экскурсии менеджер фирмы по просьбе автора этих строк вручил оценочный лист качества кормов и рациона кормления коровы, составленный на основе данных тестирования проб кормов, расчета рациона и эффективности кормления коров в одной из лабораторий США. При достаточно высоком уровне продуктивности животных возникает потребность в более точной

оценке объемистых кормов. Подробный анализ кормов и рациона по 65 показателям свидетельствует об ответственном отношении американцев к средствам производства и о стремлении консультативной службы обеспечить производителя наиболее полной и ценной информацией, необходимой для принятия эффективных решений в работе фирмы.

Оценочный лист содержит подробную характеристику коровы N (порода голштинская, возраст — 42 месяца, 60 дней второй лактации, живая масса — 612 кг, средний прирост — 0,1 кг/сут., упитанность — 2,5 балла, суточный

удой — 45 кг, содержание молочного жира — 4,0%, белка — 3,4%. Температура окружающей среды –6,5 °С) и представляет собой большую трехступенчатую таблицу. Для лучшего ознакомления и обсуждения эта многофункциональная таблица разделена нами на три таблицы (№ 3, 5, 8), характеризующие отдельные корма, рацион в целом и относительные зоотехнические и стоимостные параметры рациона. В конце таблицы 3 вставлена строка об общем содержании энергии и питательных веществ в рационе, чтобы сравнить с указанной суточной потребностью.

3. Количество и качество кормов в рационе лактирующих коров

| Наименование корма | Масса, кг | СВ, кг | СВ, % | ОЭ, МДж/кг | СП, %СВ | НПП, % СП | НДК, % СВ | КДК, % СВ |
|----------------------------------------------------|-----------|----------|-------|------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| Зерносилаж | 12,31 | 4,00 | 32,5 | 6,28 | 15,0 | 25,0 | 40,0 | 30,0 |
| Силос кукурузный, 50% зерна | 28,57 | 10,00 | 35,0 | 6,74 | 8,1 | 30,0 | 42,0 | 22,0 |
| Профэт* | 0,25 | 0,24 | 96,0 | 24,07 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Глютен кукурузный | 0,39 | 0,35 | 90,0 | 8,66 | 67,2 | 65,0 | 14,0 | 5,0 |
| Шрот подсолнечниковый | 2,53 | 2,35 | 93,0 | 30,14 | 38,0 | 30,0 | 15,0 | 10,0 |
| Комбикорм 4** | 9,08 | 8,10 | 89,2 | 7,99 | 22,9 | 4,7 | 12,6 | 5,2 |
| Содержание питательных веществ и нормы потребности | | | | | | | | |
| Содержится в рационе | — | 25,04 кг | — | 237 МДж | 5,3 кг | 1,6 кг | 7,2 кг | 4,1 кг |
| Суточная потребность | — | 24,54 кг | — | 182 МДж | 4,5 кг | 1,5 кг | 6,6 кг | 3,9 кг |

*Профэт – источник энергии для коров. Сухой защищенный транзитный жир из жирных (50% ненасыщенных) кислот пальмового масла. Проходит рубец, разлагается в кислой среде сычуга.

**Комбикорм ОАО «Истра-хлебопродукт» (директор по качеству Н.Г. Андреева).

В соответствии с «Удостоверением качества и безопасности комбикорма-концентрата» № 2036 от 11.11.2005 комбикорм рецепта № К-60С В/У-6302-922 для высокоудойных коров содержит: 33,8% пшеницы, 27,8% шрота соевого, 15% кукурузы, 15% ячменя, 3,7% глютен, 2,2% известняковой муки, 1% П60-1ВМС, 0,9% соли поваренной и 0,6% фосфата. Дополнительно введено витаминов и микроэлементов в 1 кг комбикорма: витамина А 19 тыс. МЕ, витамина Д3 3,14 тыс. МЕ, витамина Е 50 мг, сел-плекса 100, железа 10, марганца 15, цинка 45, меди 6, йода 5, кобальта 2, магния 200 и серы 10 мг. Показатели качества: ОЭ КРС — 11,35 МДж/кг, корм. ед. — 1,15 кг/кг, СП — 20,1%, НП — 16,76, СЖ — 2,28, СК — 3,34, сахар — 3,8, СВ — 85,34, лизин — 0,98, метионин — 0,32, метионин + цистин — 0,64, Са — 1,22, Р — 0,51, NaCl — 0,97%.

По сравнению с нормами кормления ВИЖ [11] в данном рационе отсутствует целый ряд общепринятых в России показателей качества: переваримый протеин, сырая клетчатка, сырой жир, БЭВ, соль поваренная, каротин и др. Взамен представлены показатели «потребления корма», содержания «распадаемого сырого протеина», «кислотно-детергентной и нейтрально-детергентной клетчатки».

Простое сопоставление количества питательных веществ в рационе с нормами суточной потребности показывает, что рацион не сбалансирован по основным показателям — энергии (ОЭ) и сырому протеину (СП).

$$\text{ПСВ, кг/сут} = (0,372 \times 4\% \text{ СМЖ} + 0,0968 \times \text{ЖМ}^{75}) \times (1 - e^{(-1,192 \times (\text{НЛ} + 3,67))}) \quad (9),$$

где 4% СМЖ — удой молока 4%-ной жирности;

ЖМ — живая масса, кг;

$e = 2,71828$ — константа;

НЛ — порядковый номер недели лактации.

Однако установлено, что потребление СВ коровами-первотелками и коровами второй и последующих лактаций несколько различаются (табл. 4). Для срав-

Основное требование при балансировании рационов для высокого производства молока — чтобы все питательные вещества, необходимые корове (в первую очередь энергия и белок, распадаемый в рубце), содержались в потребляемом СВ. Потребление сухого вещества (ПСВ) — один из основных показателей качества рациона, обеспечивающий продуктивность, здоровье и воспроизводство животных. В США при анализе рациона ПСВ уделяют главное внимание [13; 14]. ННИС США (NRC) рекомендует универсальную формулу для расчета ПСВ молочными коровами, независимо от года или фазы лактации:

нения в конце таблицы вставлена строка с нормами ВИЖ [11] о суточном потреблении сухого вещества рациона полновозрастными коровами живой массой 700 кг.

4. Суточное потребление сухого вещества рациона (кг) коровами первой и последующих лактаций [13; 14]*

| Продолжительность лактации, дней | Суточный удой молока 4%-ной жирности, кг | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| | 12 | 21 | 30 | 39 | 43 |
| Потребление СВ первотелками живой массой 550 кг | | | | | |
| 14 | 10 | 13 | 15 | 17 | — |
| 50 | 14 | 17 | 20 | 22 | — |
| 100 | 15 | 19 | 22 | 24 | — |
| 200 | 16 | 19 | 22 | 25 | — |
| 300 | 16 | 19 | 22 | 25 | — |
| Потребление СВ коровами второй и последующих лактаций, живая масса — 700 кг | | | | | |
| 14 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 50 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 |
| 100 | 17 | 20 | 24 | 27 | 29 |
| 200 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 |
| 300 | 18 | 21 | 24 | 28 | 31 |
| Нормы ВИЖ | 17,8 | 21,1 | 24,4 | 27 | 29 |

*Пересчет фунтов в килограммы корма, живой массы, молока выполнен автором данной статьи.

У первотелок наблюдается медленное, устойчивое повышение ПСВ в начале лактации, достигая плато примерно в 16 недель и так до конца лактации.

Напротив, потребление СВ коровами второй и последующих лактаций быстро растет в первые несколько недель, достигает максимума к пяти–шести неделям и практически остается на этом уровне в ходе дальнейшей лактации.

Нормы ВИЖ не подразделяются на число и фазу лактации и совпадают с нормами США лишь на 200-й день лактации полновозрастных коров.

При достаточно высоком уровне продуктивности животных возникает потребность в более точной оценке объемистых кормов. В таблице 5 продолжается более подробная характеристика рациона коровы N по содержанию питательных веществ.

Энергетическую питательность рациона для молочного скота в США рассчитывают по чистой энергии для поддержания жизни (ЧЭпд), лактации (ЧЭмл), стельности (ЧЭст), отложения резервов (ЧЭор) и упитанности тела животного (ЧЭут). Для этого коммерческие лаборатории используют разные методы, основанные на переваримости: уравнение ННИС, КДК, *in vitro* переваримую НДК, по переваримости крахмала и др. Уравнения различаются и по видам кормов. Выбор оптимального метода определяется эмпирически — по реакции животных. Если, например, животные своей продуктивностью и упитанностью позитивно откликаются на рацион кормления, сбалансированный по методу ННИС, и негативно — на другие методы, то очевидно, что рекомендации ННИС удовлетворяют и пригодны для данного конкретного слу-

чая. Это означает творческий подход к процессу кормления.

Обеспечение протеином — основная проблема всех стран с развитым молочным скотоводством. Помимо увеличения валового производства белка задача состоит в максимально эффективном использовании его в организме животных. Работами физиологов установлено, что протеин корма относится к распадаемому (РП), либо нераспадаемому в рубце протеину (НРП). Последний разными авторами и в разных странах называют по-разному («нерасщепляемый», RUP, UDP). Унификация терминов — дело многотрудное, но необходимое [15].

Концентрация НРП в рационе непостоянна и увеличивается по мере роста ПСВ, что ускоряет продвижение массы через рубец и таким образом сокращает время переваривания корма. От 50% до 95% кормового белка распадается в рубце на аммиак и пептиды. При наличии достаточного количества легкогидролизуемых углеводов большая часть белка кормов преобразуется в микробный белок. В тонком отделе кишечника НРП, микробный белок и эндогенный белок расщепляются до аминокислот. Усвоенные в кишечнике аминокислоты относятся к «обменному белку» («metabolizable protein»). При прогнозе молочной продуктивности необходимо учитывать показатель «обменного белка», а не «концентрацию СП», которая заложена в отечественных программах, использующихся для расчета рационов [16]. Потребность в обменном белке у лактирующих и сухостойных коров представлена в статье J. Linn [14], а в сыром, распадаемом и нераспадаемом в рубце протеине корма — в таблице 6 [10].

5. Фактическое и требуемое содержание питательных веществ в рационе

| Питательное вещество | Содержится | Требуется | Питательное вещество | Содержится | Требуется |
|-----------------------------------------------------------|------------|-----------|---------------------------------------|------------|-----------|
| СП, % СВ | 17,55 | 18,25 | К, % СВ | 1,20 | 1,00 |
| Нерасщепляемый протеин, % СВ | 33,18 | 35,0 | Na, % СВ | 0,23 | 0,18 |
| Расщепляемый протеин, % СВ | 66,82 | 57,62 | Cl, % СВ | 0,32 | 0,25 |
| Всосавшийся протеин, % СВ | 12,00 | 12,50 | S, % СВ | 0,21 | 0,20 |
| Растворимый протеин, % СВ | 26,15 | 28,81 | Co, мкг | 5,8 | 0,10 |
| Связанный протеин, % СВ | 5,2 | — | Cu, мкг | 17,40 | 10,0 |
| Чистая энергия для лактации (NEL), МДж/кг | 2,96 | 7,41 | Fe, мкг | 56,96 | 50,00 |
| Чистая энергия для поддержания (NE _m), МДж/кг | 6,91 | — | I, мкг | 14,5 | 0,6 |
| Чистая энергия прироста (NE _g), МДж/кг | 4,39 | — | Mn, мкг | 43,5 | 40,00 |
| Сумма переваримых питательных веществ (СППВ), % СВ | 72,8 | 0,00 | Se, мкг | 0,23 | 0,30 |
| Кислотно-детергентная клетчатка (КДК), % СВ | 16,27 | 16,00 | Zn, мкг | 130,51 | 40,00 |
| Нейтрально-детергентная клетчатка(НДК), % СВ | 28,83 | 27,00 | Витамин А, ИЕ/кг | 6,14 | 4,00 |
| Эффективная НДК, % НДК | 85,14 | 80,00 | Витамин D, ИЕ/кг | 1,02 | 1,00 |
| Углеводы без клетчатки, % СВ | 43,68 | 0,00 | Витамин E, ИЕ/кг | 15,95 | 15,00 |
| Крахмал, % СВ | 33,30 | 0,00 | Витамин А, ИЕ/сут. | 153,83 | 98,16 |
| Ферментируемый крахмал, % крахмала | 63,44 | 0,00 | Витамин D, ИЕ/сут. | 25,41 | 24,54 |
| Липиды, % СВ: | 3,90 | 0,00 | Витамин E, ИЕ/сут. | 399,38 | 368,09 |
| животные, % от липидов | 0,00 | 0,00 | Усвояемый P, кг/сут. | 3,00 | 3,07 |
| растительные, % от липидов | 79,37 | 0,00 | Se, мг/сут. | 5,81 | 7,36 |
| Зола, % СВ | 6,03 | 0,00 | Mg, % СВ | 0,33 | 0,25 |
| Ca, % СВ | 0,70 | 0,76 | Ca/P | 1,67 | — |
| P, % СВ | 0,42 | 0,48 | Катион-анион отношение, мЭкв/100 г СВ | 31,4 | 25–35 |

**6. Нормы содержания протеина кормов
для лактирующих и сухостойных коров живой массой 700 кг**

| Фракции протеина | Фазы лактации, дней | | | Фазы сухостоя, дней | |
|-------------------------------------|------------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
| | 1–100 | 101–200 | 201–300 | 1–39 | 40–60 |
| Сырой протеин, % СВ | 17–18 | 16–17 | 15–16 | 12–13 | 13–14 |
| Распадаемый в рубце протеин, % СП | 60–65 | 64–68 | 64–68 | 65–68 | 62–66 |
| То же по нормам ВИЖ* | 51–60 | 64–68 | 68–74 | 52 | |
| Нераспадаемый в рубце протеин, % СП | 35–40 | 32–36 | 32–36 | 32–35 | 34–38 |
| То же по нормам ВИЖ* | 48–40 | 40–32 | 32–26 | 41 | |

*Пересчет количества РП и НРП (г) в относительное содержание (% СП) выполнен автором данной статьи.

В нормах ВИЖ [11] РП («расщепляемый протеин») и НРП («нерасщепляемый протеин») формально присутствуют, но их роль и значение никак не раскрыты. Как видно из таблицы 6, параметры по распадаемому протеину в середине лактации коров совпадают с нормами ННИС США, а по НРП — совершенно различны. Это означает, что расчетные нормативы требуют экспериментального подтверждения.

Большим достижением американской системы тестирования кормов и рационов является разработка новой схемы зооанализа растительных кормов на содержание нейтрально-детергентной (НДК) и кислотнo-детергентной (КДК) клетчатки, кислотнo-детергентного лигнина (КДЛ).

Качество грубого корма зависит от уровня НДК, что влияет на время пережевывания, уровень слюноотделения (образования буфера и рН в рубце), активность процесса ферментации в рубце, что, в свою очередь, определяет уровень жира в молоке и количество выхода полезной энергии корма. Содержание НДК положительно коррелирует со временем поедания корма и переваривания в рубце, что, в свою очередь, может быть свя-

зано со скоростью уменьшения размера частиц корма. НДК влияет на нормальное функционирование и здоровое состояние рубца.

При составлении рационов основное внимание уделяют содержанию НДК — она является эффективной клетчаткой, имеющей огромное значение в пищеварении, усвояемости питательных веществ, продуктивности и образовании молока. При недостатке НДК уменьшается выделение слюны, что ведет к нарушению кислотности рубца, уменьшению образования уксусной кислоты и, следовательно, понижению содержания жира в молоке. Избыток же клетчатки уменьшает энергию в сухом веществе, ухудшается потребление кормов и усвояемость питательных веществ. Нутриционисты различают два вида НДК:

- пНДК – переваримая нейтрально-детергентная клетчатка. Именно пНДК способствует образованию в рубце уксусной кислоты, является источником энергии, повышает содержание молочного жира;
- фэНДК — физически эффективная НДК. Эта клетчатка оказывает существенное влияние на процесс румина-

ции, жвачки, а также способствует активной выработке слюны и обеспечивает буферность рубцовой жидкости [17; 18]. Содержание фЭНДК в рационе высокопродуктивных коров (40 кг молока/сут.) должно составлять от 30 до 33% от СВ, а для коров с меньшей продуктивностью (20 кг/день) — не более 44% [18]. Совместно пНДК и фЭНДК содержатся в таких кормах, как зерносенаж, злаковый силос, люцерновый сенаж, сено.

Кислотно-детергентная клетчатка непродуктивна из-за высокого содержания лигнина и кутина, наличия прочной целлюлозно-лигниновой связи, трудно поддающейся расщеплению (солома, грубое сено, лигнифицированный злаковый силос). Поскольку содержание двуокиси кремния и лигнина хорошо коррелирует с переваримостью, то концентрация КДК позволяет оценить усвояемость сухого вещества корма. Уровень КДК в рационе

не должен превышать 25%.

Новым для нашего зооанализа является показатель «углеводы без клетчатки» (У–К) для характеристики быстро расщепляемых фракций углеводов. У–К — это, в основном, крахмал и сахара; однако и другие вещества, такие как органические кислоты и растворимые в нейтральном детергенте компоненты клетчатки (пектины, бета-глюканы, фруктаны) входят в У–К. Компоненты У–К, за исключением пектинов, сбраживаются, главным образом до пропионовой и молочной кислот. Поскольку они, особенно молочная кислота, — более сильные кислоты, чем уксусная, то снижают рН рубца значительно сильнее, чем уксусная кислота. Содержание У–К (%) корма или рациона может быть рассчитано по формуле: $У-К (\%) = 100 - (НДК + (СП + НДК + СЖ + СЗ))$. Наряду с другими углеводами У–К нормируются в рационе питания животных [9; 10] (табл. 7).

7. Нормы клетчатки и У–К (%) в сухом веществе рациона лактирующих и сухостойных коров [14]

| Фазы лактации и сухостой | Всего НДК | НДК грубого корма | КДК | У–К | Крахмал | Сахара |
|--------------------------|-----------|-------------------|-----|-------|---------|--------|
| 1–100 дней | >28 | >19 | >18 | 37–44 | 24–26 | 5–6 |
| 101–200 дней | 29–32 | 20–22 | >19 | 35–42 | 23–25 | 5 |
| 201–300 дней | >32 | 21–24 | >19 | 35–42 | 22–25 | 5 |
| Сухостой | >25 | >35 | >25 | <35 | <20 | 5 |

Таким образом, для типичных высокопродуктивных рационов (полнорационная смесь, оптимальный размер частиц грубого корма, зерно кукурузы в качестве концентрированного корма) в США установлено максимальное количество У–К на уровне 44% в сухом веществе, а минимальное содержание

КДК — на уровне 25% в сухом веществе, при условии, что 19% поступают из грубых кормов. На каждый недостающий 1% КДК из грубого корма минимально необходимое количество общего КДК повышают на 2%, а максимальное количество У–К снижается на 2%.

Продолжая анализировать рацион коровы N (см. таблицу 5), следует отметить, насколько подробно представлен не только состав органических, но и минеральных веществ (19 макро- и микроэлементов). Для сравнения, в нормах кормления ВИЖ [11] предусмотрено определение только восьми параметров макро- и микроэлементов и двух жирорастворимых витаминов — D и E. С одной стороны, практически невозможно

сбалансировать рацион по 44 показателям, с другой, — полезно иметь максимально возможную информацию о рационе.

Общеизвестно, что экономика должна быть экономной. США не могут позволить себе не считать деньги. Каждая разработка, каждый бизнес заканчиваются экономическими выкладками. Это же касается и составления рационов (табл. 8).

8. Относительные параметры и соотношения питательных веществ рациона

| Показатель | Факт | Показатель | Факт |
|------------------------------------------------------|------|----------------------------------------|-------|
| Потребление СВ рациона, кг/сут. | 22,0 | Суточный удой, кг | 27 |
| Потребление СВ, % от живой массы тела | 4,1 | Затраты корма, долл./100 фунтов молока | 11,61 |
| Доля объемистых кормов, % от СВ рациона | 55,9 | Стоимость, долл./кг рациона | 0,07 |
| Доля НДК объемистых кормов, % от нормы НДК в рационе | 87,5 | Стоимость, долл./кг СВ рациона | 0,14 |
| Потребление НДК, % от живой массы тела | 1,2 | Стоимость суточного рациона, долл. | 3,57 |

Таблица 8 для российского читателя малоинформативна. Если отдельные показатели (потребление СВ, доля объемистых кормов, суточный удой) идентичны отечественной терминологии, то стоимостное выражение рациона в долларах более понятны сельхозпроизводителю США.

Обзорные статьи по зарубежным системам оценки качества и питательности кормов и рационов [19; 20] демонстрируют, какой огромный прогресс достигнут в науке о кормах и кормлении. Это накладывает на зоотехническое сообщество дополнительные обязательства. В

современных условиях зоотехнику недостаточно тех сведений, которые получены в аудиториях учебных заведений, а необходимо сочетание новых теоретических знаний и практического опыта.

Отечественная наука о кормах и кормлении сельскохозяйственных животных находится в настоящее время в стагнации. Нужны новые пытливые умы для развития системы оценки качества и питательности кормов и рационов. Чаяния М.В. Ломоносова: «... что может собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов российская земля рождать» — остаются по сей день актуальными.

Литература

1. Van Soest, P.J. 1963a. The use of detergents in analysis of fibrous feeds: I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *J. A. O. A. C.* 46:825.
2. Van Soest, P.J. 1963b. The use of detergents in analysis of fibrous feeds: II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. A. O. A. C.* 46:829.
3. Ганущенко О. Оценка структурности рационов // *Животноводство России*. – 2020. – № 1, январь. – С. 59–61.
4. Богомолов В.В., Малинин И.И. Как достоверно определить энергетическую питательность корма? // *Сельскохозяйственные вести*. – 2009. – № 3. – С. 16–17.
5. Cherney, D.J.R. 2000. Characterization of forages by chemical analysis. Ch 14. In: D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford & H.M. Ohmed, eds. *Forage evaluation in ruminant nutrition*, pp. 281–300. CABI Publishing, Wallingford, UK.
6. Воробьева С.В. Физиологическое обоснование потребления сухого вещества рационов крупным рогатым скотом в зависимости от содержания структурных углеводов в кормах : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Дубровицы, 2003. – 34 с.
7. Dan Putnam. The future of forage quality testing for markets. In: *Proceedings, 2014 California Alfalfa, Forage, and Grain Symposium*. Long Beach, CA, 10–12 December, 2014. UC Cooperative Extension, Plant Sciences Department, University of California, Davis (URL: <https://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/2014/>).
8. Dan Putnam, Dan Undersander. The future of alfalfa forage quality testing in hay markets. In: *Proceedings 36th Western Alfalfa & Forage Symposium (2006)*. (URL: <https://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/search.aspx?q=Forage%20Quality%20and%20Testing>).
9. National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. Washington, DC: The National Academies Press. 450 p. (<https://doi.org/10.17226/9825>).
10. Нормы потребностей молочного скота в питательных веществах в США : перевод 7-го изд. 2001 г. / Пер. с англ. Первов Н.Г., Смекалов Н.А. – М., 2007 – 380 с.
11. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. / Под ред. А.П. Калашникова, И.В. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М., 2003. – 456 с.
12. Попов В.В. Раньше Россия ездила за передовым опытом за границу, а теперь за опытом едут из-за рубежа в Россию // *Ветеринарный консультант*. – 2007. – № 7. – С. 4–5.
13. Linn J. Energy in the 2001 Dairy NRC: Understanding the System. *Proc. of the Minnesota Dairy Health Conference*. College of Veterinary Medicine, University of Minnesota. May 2003. Pp. 102–109.
14. Linn J. Nutrition and health: Dairy. Guidelines for formulating dairy cattle diets. *Feedstuffs*. September 15, 2010. Pp. 35–43.
15. Крюков В., Зиновьев С. Давайте применять правильно биологические понятия // *Комбикорма*. – 2015. – № 12. – С. 89–90.
16. Глухов Д. Эффективное использование протеина в рационах для коров // *Животноводство России*. – 2020, декабрь. – С. 49–54.
17. Грубер Л. Нормирование клетчатки дойных коров в системах NRC и CNSPS: показатель рeNDF. (URL: <https://soft-agro.com/korovy/normirovanie-kletchatki-dojnyx-korov-v-sistemax-nrc-i-cnsps.html>).
18. Mertens D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. of Dairy Sci.* 1997. V. 80. Pp. 1463–1481.
19. Попов В.В. Переосмысление парадигмы оценки качества кормов // *Адаптивное кормопроизводство*. – 2020. – № 1. – С. 79–90 (URL: <http://www.adaptagro.ru>).
20. Попов В.В. Прорывные новации в оценке качества и питательности кормов // *Адаптивное кормопроизводство*. – 2020. – № 3. – С. 65–76 (URL: <http://www.adaptagro.ru>).

References

1. Van Soest, P.J. 1963a. The use of detergents in analysis of fibrous feeds: I. Preparation of fiber residues of low nitrogen content. *J. A. O. A. C.* 46:825.
2. Van Soest, P.J. 1963b. The use of detergents in analysis of fibrous feeds: II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. A. O. A. C.* 46:829.
3. Ganushchenko O. Otsenka strukturnosti ratsionov [Rations structure evaluation]. *Zhivotnovodstvo Rossii [Animal husbandry in Russia]*, 2020, no. 1, January, pp. 59–61.
4. Bogomolov V.V., Malinin I.I. Kak dostoverno opredelit' energeticheskuyu pitatel'nost' korma? [How authentically define the energy value of a forage?]. *Sel'skokhozyaystvennyye vesti [Agricultural news]*, 2009, no. 3, pp. 16–17.
5. Cherney, D.J.R. 2000. Characterization of forages by chemical analysis. Ch 14. In: D.I. Givens, E. Owen, R.F.E. Axford & H.M. Ohmed, eds. *Forage evaluation in ruminant nutrition*, pp. 281–300. CABI Publishing, Wallingford, UK.
6. Vorob'yova S.V. Fiziologicheskoye obosnovaniye potrebleniya sukhogo veshchestva ratsionov krupnym rogatym skotom v zavisimosti ot sodержaniya strukturnykh uglevodov v kormakh [Physiological substantiation of rations dry matter consumption by cattle, depending on structural carbohydrates content in forages : author's abstract Dis. ... Dr. Biol. Sci.]. Dubrovitsy, 2003, 34 p.
7. Dan Putnam. The future of forage quality testing for markets. In: *Proceedings, 2014 California Alfalfa, Forage, and Grain Symposium*. Long Beach, CA, 10–12 December, 2014. UC Cooperative Extension, Plant Sciences Department, University of California, Davis (URL: <https://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/2014/>).
8. Dan Putnam, Dan Undersander. The future of alfalfa forage quality testing in hay markets. In: *Proceedings 36th Western Alfalfa & Forage Symposium (2006)*. (URL: <https://alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/search.aspx?q=Forage%20Quality%20and%20Testing>).
9. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001. Washington, DC: The National Academies Press. 450 p. (<https://doi.org/10.17226/9825>).
10. Normy potrebnostey molochnogo skota v pitatelnykh veshchestvakh v SShA [Nutrients requirement norms for dairy cattle in USA]. Translated from English: Pervov N.G., Smekalov N.A. Moscow, 2007, 380 p.
11. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Norms and feeding rations of farm animals]. Eds.: A.P. Kalashnikov, I.V. Fisinin, V.V. Shcheglov, N.I. Kleymenov. Moscow, 2003, 456 p.
12. Popov V.V. Ran'she Rossiya ezдила za peredovym opytom za granitsu, a teper' za opytom edut iz-za rubezha v Rossiyu [Earlier Russia went for the best practices abroad, and now come for experience from abroad to Russia]. *Veterinarnyy konsul'tant [The veterinary adviser]*, 2007, no. 7, pp. 4–5.
13. Linn J. Energy in the 2001 Dairy NRC: Understanding the System. *Proc. of the Minnesota Dairy Health Conference*. College of Veterinary Medicine, University of Minnesota. May 2003. Pp. 102–109.
14. Linn J. Nutrition and health: Dairy. Guidelines for formulating dairy cattle diets. *Feedstuffs*. September 15, 2010. Pp. 35–43.
15. Kryukov V., Zinoviev S. Davayte primenyat' pravil'no biologicheskie ponyatiya [Let us correctly apply biological concepts]. *Kombikorma [Combined feed]*, 2015, no. 12, pp. 89–90.
16. Glukhov D. Effektivnoe ispol'zovanie proteina v ratsionakh dlya korov [Efficient use of protein in cow diets]. *Zhivotnovodstvo Rossii [Animal husbandry of Russia]*, 2020, December, pp. 49–54.
17. Gruber L. Normirovanie kletchatki doynnykh korov v sistemakh NRC i CNSPS: pokazatel' pNDF [Fiber standards for lactating cows in systems NRC and CNSPS: an indicator pNDF]. (URL: <https://soft-agro.com/korovy/normirovanie-kletchatki-dojnyx-korov-v-sistemax-nrc-i-cnsps.html>).
18. Mertens D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. of Dairy Sci.* 1997. V. 80. Pp. 1463–1481.

19. Popov V.V. Pereosmyslenie paradigmy otsenki kachestva kormov [Rethinking of fodder quality evaluation paradigm]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* [*Adaptive fodder production*], 2020, no. 1, pp. 79–90 (URL: <http://www.adaptagro.ru>).
20. Popov V.V. Proryvnye novatsii v otsenke kachestva kormov i ratsionov [Breakthrough novations in fodder quality evaluation]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* [*Adaptive fodder production*], 2020, no. 3, pp. 65–76 (URL: <http://www.adaptagro.ru>).