

ПРОФИЛАКТИКА АЦИДОЗА РУБЦА У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОРМОВЫХ БУФЕРНЫХ ДОБАВОК

¹Крюков В.С., ²Зиновьев С.В.

¹ООО «Натур-Тек», Гатчина Ленинградской обл.,
²ВНИИПП, Ржавки Московской обл., Российская Федерация

Цель работы – систематизация данных по профилактике субклинического ацидоза рубца (САР) у коров с использованием кормовых буферных добавок. Субклинический ацидоз у высокопродуктивных коров распространён повсеместно. В США убытки от САР в среднем составляют около 1,12 долл./гол./день, поэтому использование кормовых добавок для профилактики САР стало общепринятым приёмом. Используют соду, окись магния, а также смеси различных веществ. Бикарбонат натрия является естественным буферным веществом, которое содержится в слюне, он поступает в рубец в большом количестве, но при нарушении рекомендаций по структуре грубых кормов и высокой доли концентратов в рационе, его недостаточно для поддержания оптимального рН в рубцовом содержимом. Диапазон количества образующейся слюны достаточно широк (от 5 до 10 л на 1 кг потреблённого сухого вещества), что непосредственно влияет на физиологию пищеварения. При нормальной секреции слюны, в сутки в рубец поступает около 3 кг бикарбоната натрия и около 1 кг гидрофосфата натрия. При потреблении грубых кормов слюны выделяется существенно больше, чем при поедании концентратов, поэтому с увеличением доли последних в суточном рационе происходит уменьшение выделения слюны, что способствует возникновению ацидоза. Буферные добавки поддерживают рН среды в определённом диапазоне, тогда как раскислители (нейтрализаторы) повышают рН в зависимости от их потребления с кормом. Для некоторых веществ это действие ограничивается растворимостью, которая падает с повышением рН среды. Наибольшая эффективность при применении буферных добавок отмечена в первые 2-3 мес. лактации в следующих случаях: 1. ожидается субклинический ацидоз рубца; 2. кукурузный силос, а также силоса из других злаковых культур, представляют основную часть грубых кормов; 3. грубые корма мелко измельчены; 4. смешанная сбалансированная кормосмесь имеет влажность выше 55-60%; 5. низкое содержание сырой клетчатки в рационе; 6. уровень концентратов в рационе превышает 50% и содержит более 35% легко ферментируемых сахаров; 7. пониженное содержание жира в молоке; 8. слабая жвачка; 9. проблемы с конечностями; 10. высокая температура окружающей среды. В реальности трудно найти стадо, в котором не присутствовали бы один или несколько из перечисленных факторов в различных сочетаниях, что, в общем, и предопределило широкое использование буферных добавок. Рекомендуемые дозы буферных кормовых добавок составляют 0,8-1,6% от массы сухого вещества корма. При применении буферных добавок необходимо контролировать величину катионно-анионного баланса, которую рассчитывают по данным общего содержания основных катионов и анионов в рационе и для контроля проводят анализ мочи. Несмотря на обширный мировой опыт в этой области, изучение влияния веществ, обладающих буферными свойствами, продолжается, так как применение кормовых буферных добавок на практике не всегда эффективно. Это свидетельствует о сложности проблемы, в частности, обусловленной многообразием условий кормления и содержания животных.

Ключевые слова: профилактика ацидоза рубца, буферные кормовые добавки, раскислители, кислотосвязывающая способность кормов, гидрокарбонат натрия, окись магния

Проблемы биологии продуктивных животных, 2017, 1: 54-68

Введение

Ежегодные убытки от субклинического ацидоза рубца у коров в США оценивают в 0,5-1,0 млрд. долларов или в среднем 1,12 долл./гол./день (Stone, 1999; Eneemark, 2008); для профилактики ацидоза широко применяют буферные кормовые добавки (Erdman, 1988; Nutjens, 1991; Garry, 2002). Несмотря на обширный опыт в этой области, изучение влияния веществ, обладающих буферными свойствами, продолжается; это свидетельствует о сложности проблемы или, возможно, в большей степени, – её разносторонностью в связи с многообразием условий кормления и содержания животных. Обзор научных публикации на эту тему свидетельствует, что, несмотря на широкое использование в кормлении коров и ограниченное число веществ, входящих в их состав, механизм действия буферных добавок остаётся не до конца ясным (Singh, 2005). Редко обращают внимание на то, что ацидоз может вызываться повышенной концентрацией ЛЖК, а также увеличением содержания молочной кислоты. Если концентрация молочной кислоты в жидкой фазе рубца превышает 1 ммоль/л, то ацидоз называют лактатным. Причины лактатного и предострого ацидозов разные, хотя и связаны. Для их профилактики могут применяться разные приёмы.

Кормовые добавки, используемые для предупреждения ацидоза, называют «буферами». При таком определении в их перечень попадают вещества, которые хотя и используются под этим названием, но к буферам не относятся. С научной точки зрения их следует подразделить на настоящие буферы – это вещества, которые в растворах стабилизируют рН среды и поддерживают его постоянство на определённом уровне, при добавлении кислот или щелочей. В этом отношении истинными буферами являются бикарбонат натрия и реже применяемые гидрокарбонат калия и гидрофосфат натрия. Другие соли, обладающие буферными свойствами, здесь не рассматриваются, так как их не используют с указанной целью в кормлении животных. На положительное действие добавки соды у жвачных было впервые указано в конце 50-х гг. прошлого столетия, когда установили, что животные, в рацион которых добавляли бикарбонат натрия, потребляли больше корма и лучше росли (Matrone et al., 1959). С точки зрения физиологии пищеварения жвачных, это не является неожиданным, поскольку бикарбонат натрия является естественным буферным веществом, которое содержится в слюне и поступает в рубец в большом количестве.

В группу буферов, применяемых в кормлении, включают окись и гидроксид магния, карбонаты калия, натрия и кальция, поэтому, строго говоря, эти вещества не являются буферами – они нейтрализуют кислоты рубца, поэтому их следует относить к нейтрализаторам или раскислителям.

Иногда к буферам относят адсорбенты (Dschaak et al. 2010), однако их действие нельзя объяснить буферными свойствами, поскольку с химической точки зрения они таковыми не обладают. Не являются они и нейтрализаторами – их механизм действия в этом направлении не изучен и, по-видимому, связан с адсорбционными свойствами. Буферные добавки поддерживают рН среды в определённом диапазоне в зависимости от константы диссоциации, а раскислители повышают рН с увеличением их концентрации в среде или с ростом потребляемой дозы. Для некоторых веществ эта зависимость более сложная, поскольку их действие ограничивается растворимостью, которая падает с повышением рН среды. В результате для них растворимость в рубце является механизмом, ограничивающим чрезмерное повышение рН. В настоящей статье понятие «буферные кормовые добавки» применяется в широком смысле, привычном для практиков, то есть, включая истинные буфера, нейтрализаторы и адсорбенты.

Наибольшая эффективность от применения буферных добавок отмечена в первые 2-3 месяца лактации в следующих случаях:

- ожидается субклинический ацидоз рубца;
- кукурузный силос, а также силоса из других злаковых культур, представляют основную часть грубых кормов;
- грубые корма мелко измельчены;
- смешанная сбалансированная кормосмесь имеет влажность выше 55- 60%;

- в рационе низкое содержание клетчатки;
- уровень концентратов в суточном рационе превышает 50% и содержит более 35% легко ферментируемых сахаров;
- кормление животных в разное время с беспорядочным чередованием длинных и коротких интервалов между кормлениями;
- пониженное содержание жира в молоке;
- слабая жвачка; проблемы с конечностями; высокая окружающая температура.

Приведенный список довольно внушителен, поэтому в действительности трудно найти стадо, в котором в той или иной степени не присутствовали один или несколько из перечисленных факторов в различных сочетаниях, что, в общем, и предопределило широкое использование буферных добавок.

Образование в рубце летучих жирных кислот (ЛЖК) и молочной кислоты обусловлено нормальным течением ферментации сахаров. Недиссоциированные кислоты всасываются, а ионизированные подвергаются нейтрализации; в результате pH рубцового содержимого поддерживается на уровне 6,4-6,7. При pH 6,8 почти 99% ЛЖК находится в диссоциированном состоянии.

Существуют три источника веществ, вызывающих нейтрализацию кислот в рубце, и главным из них является слюна. Содержащиеся в кормах вещества тоже нейтрализуют кислоты рубца, но их роль в этом отношении менее значима. Любые факторы, влияющие на образование слюны, непосредственно влияют на кислотность рубцового содержимого. Третьим источником буферных веществ являются кормовые добавки, - в количественном отношении их доля небольшая, но они играют важную регуляторную роль, поскольку восполняют тот дефицит, который возникает в результате недостаточной секреции слюны или же под влиянием вышеперечисленных факторов. При рассмотрении биологических механизмов большинства действующих причин оказывается, что эти факторы, так или иначе связаны с изменением секреции слюны и её состава.

Корова выделяет от 5 до 10 литров слюны на 1 кг потреблённого сухого вещества рациона, то есть диапазон изменений количества образующейся слюны достаточно широк, что непосредственно влияет на физиологию пищеварения. При потреблении грубых кормов слюны выделяется существенно больше, чем при поедании концентратов, поэтому с увеличением доли последних в суточном рационе происходит уменьшение выделения слюны, что способствует возникновению ацидоза. При нормальной секреции слюны, в сутки в рубец поступает около 3 кг бикарбоната натрия и около 1 кг гидрофосфата натрия. Эти два вещества составляют основу буферной системы рубца. В процессе потребления и пережевывания корма постоянно и равномерно выделяется слюна. Таким образом, бикарбонат и гидрофосфат натрия являются важными буферными веществами эндогенного происхождения.

Из кормов, предупреждающих ацидоз, выделяются бобовые культуры, поэтому при значительном количестве их в рационе случаи ацидоза встречаются реже. В связи с этим буферные добавки всегда более эффективно действуют на фоне рационов, включающих силоса, приготовленные из злаков и, особенно, кукурузного. Эта ситуация характерна для кормовой базы средней и южной частей России

Буферные добавки используют не регулярно, потому что их эффективность проявляется не всегда. Это объясняется тем, что состав рационов различен, и они не заменяют надлежащую организацию кормления и содержания животных, тогда как правильная организация кормления и подготовки кормов к скармливанию может исключить их необходимость. В качестве буферной кормовой добавки широкое распространение получила сода, которую в зарубежных рекомендациях предлагают включать в рацион в количестве 0,8 – 1,5% в расчёте на сухое вещество или 160 – 300 г/гол/сутки: как видно величина добавки находится в широком диапазоне. Это обусловлено тем, что рекомендации основываются на результатах многочисленных исследований, проводимых в самых разных условиях, которые оказали влияние на рекомендуемые величины. Обратим внимание на то, что эти дозы составляют всего 5-10% от

доли гидрокарбоната, поступающего в рубец со слюной. При добавлении соды в кормушку поверх силоса создаются условия для быстрого её потребления, и эффективность такого мероприятия будет небольшой. Это обусловлено тем, что гидрокарбонат быстро растворяется и исчезает из рубца в течение первого часа после потребления, тогда как максимальный уровень кислот в рубце достигается через 4-6 часов после поедания корма, когда потребленной соды в рубце уже не будет. Поэтому её действие и других буферных добавок лучше проявляется, если их включать в сбалансированную по питательности кормосмесь, которую коровы будут потреблять при свободном доступе в течение суток, обеспечивая равномерное поступление в рубец буферной добавки. Постоянное в течение дня потребление соды позволяет восполнять дефицит гидрокарбоната, поступающего в недостаточном количестве, со слюной. В результате рН рубца повышается, создавая оптимальные условия для роста микрофлоры. Некоторые исследователи указывают, что высокие дозы соды могут вызывать угнетение потребления корма, что, возможно, связано с изменением вкуса корма.

Оксид магния не обладает буферными свойствами, хотя используется в качестве буферной добавки – она обладает щелочными свойствами и является раскислителем. Даже при неравномерном потреблении корма, добавленный в него оксид магния в виду низкой растворимости по сравнению с содой дольше задерживается в рубце, и нейтрализует кислоты по мере повышения их концентрации. В ряде экспериментов, при изучении влияния на продуктивность соды и окиси магния, последняя оказалась более эффективной (Miller 2007).

Выбирая оксид магния для использования в качестве кормовой добавки, нужно учитывать, что она обладает различной растворимостью, которая может составлять от 6,5 до 22,6% в зависимости от технологии её производства (Beede et al. 1989). При столь разной растворимости количество доступного действующего вещества и эффективность будут существенно различаться.

Учитывая, что ацидоз может быть обусловлен любой из ранее перечисленных причин или их комплексом, даже в течение суток он проявляется в разной степени. Вероятно, это обусловлено тем, что не принимают во внимание изменение роста микрофлоры рубца в связи с потреблением новых порций корма, а также тем, что учитывают не все детали кормления и содержания животных, которые вызывают ацидоз. Применение буферных добавок, особенно соды, приводит как к улучшению продуктивности, а иногда и к её снижению (Hasan et al. 2001).

При обзоре научных статей по рассматриваемой теме, нет повода для сомнения в достоверности описываемых результатов. По-видимому, неоднозначность публикуемых результатов обусловлена тем, что в связи с недостаточной изученностью механизма действия буферных добавок, не обращали внимания на факторы, вызывающие ацидоз и неудачно выбирали дозы действующих веществ или их природу.

В эксперименте *in vitro* при инкубации рубцового содержимого сравнивали действие равных молярных доз разных буферных добавок, об активности которых судили по образованию газов и изменению рН инкубационной среды. В результате проведения исследований установили, что по сравнению с контролем, доломитовый известняк не повлиял на образование газов и рН среды, оксид магния повысила образование газов на 7% и рН на 0,3, сесквикарбонат – на 32 и 0,81, сода – на 49 и 0,98 соответственно (Faser 2010). Эти результаты показывают, что сода является наиболее активным веществом по действию на микрофлору рубца; близким по действию оказался сесквикарбонат. По-видимому, это обусловлено тем, что сода и трона обладают наиболее высокой растворимостью из испытанных веществ. Применение бикарбоната в наибольшей степени стимулировало образование газов, что может сопровождаться повышенной потерей энергии рациона. Результаты, полученные *in vitro*, пригодны для оценки возможного действия, но их нельзя переносить на животных, поскольку в отличие от «ограниченной» системы *in vitro*, в рубце животных система «открытая», и концентрация и соотношение кислот в ней меняется, поскольку отдельные кислоты постоянно всасываются, причём с разной скоростью. В рубец непрерывно добавляются новые порции

слюны, содержащие бикарбонат натрия, чего не происходит *in vitro*, а кроме того он всасывается, что тоже влияет на динамику концентрации рассматриваемых веществ в рубце. Существенное влияние оказывает разбавление среды при потреблении животными воды. Из этого следует, что лабораторные исследования *in vitro* позволяют только прогнозировать потенциальную возможность влияния испытуемых веществ на концентрацию кислот в рубце.

В обзоре (Mukmin, Weng 2012) обобщены результаты исследований по изучению влияния добавок соды и окиси магния в рационы с высоким содержанием концентратов (60%) на пищеварение и молочную продуктивность коров (табл. 1).

Таблица 1. Влияние добавки соды и окиси магния на рН рубца, потребление корма и продуктивность коров в первые 2-3 месяца лактации

Добавлено в рацион*	Контроль	NaHCO ₃	MgO	MgO + NaHCO ₃
0,8% NaHCO ₃				
0,8% MgO	6,37 - 18,8 - 35,2**	6,43 - 17,9 - 35,5	6,47 - 19,0 - 38,3	6,50 - 19,6 - 38,8 (1)
1,0% NaHCO ₃				
0,8% MgO	6,17 - 18,6 - 34,6	6,43 - 19,8 - 31,5	6,46 - 19,8 - 35,2	6,34 - 19,6 - 33,4 (2)
1,5% NaHCO ₃				
0,8% MgO	6,46 - 18,5 - 34,5	6,52 - 20,7 - 36,1	6,47 - 19,2 - 34,9	6,47 - 20,6 - 38,3 (3)
1,0% NaHCO ₃				
0,5% MgO***	6,20 - 7,0	6,30 - 8,5	6,30 - 8,0	6,20 - 7,7 (4)

Примечания: *в расчёте на сухое вещество корма; ** рН - потребление корма, кг - сут. удой молока, кг; ***исследование на телках. (1) – Teh et al., 1985; (2) – Erdman et al., 1982; (3) – Erdman et al., 1980; (4) – Pierce et al., 1983.

Из приведенных данных следует, что включение в рацион 0,8% соды не повлияло на продуктивность; она понизилась при включении 1,0% соды и возросла при добавке 1,5% соды. Разные по величине добавки соды слабо влияли на рН рубцового содержимого, хотя увеличение рН было максимальным в группе с наибольшей исходной кислотностью (Erdman et al. 1982). Предположение о том, что действие соды связано с её буферными свойствами является доминирующим в науке, но имеются и другие гипотезы, объясняющие её положительное действие на продуктивность. Так, указывается, что под влиянием соды повышается потребление воды, что в свою очередь ведет к более быстрому переходу крахмала из рубца в кишечник и уменьшению образования ЛЖК (Russell, Chow 1993). Таким образом, эффективность соды может быть прямо связана с содержанием крахмала в рационе и его задержкой в рубце.

Добавление в корм окиси магния в одном случае повысило удой и в двух - увеличение было слабо выражено (табл. 1). Совместное применение соды и окиси магния в двух случаях вело к повышению продуктивности (Teh et al., 1985; Erdman et al., 1980) и в одном – ослабило негативное влияние соды (Erdman et al., 1982). Лучшая эффективность в результате совместного применения соды и окиси магния, возможно, объясняется тем, что после их потребления сода быстро растворяется и при этом повышается рН, при котором растворимость окиси магния падает и, следовательно, его действие не проявляется. В дальнейшем, после быстрого всасывания соды, рН в рубце начнёт снижаться, что создаёт условия для роста растворимости окиси магния и его действия в качестве нейтрализатора. Таким образом, одновременное применение двух веществ позволяет охватить больший временной период воздействия на кислотность рубца.

Включение буферных добавок в суточный рацион обуславливает снижение кислотности рубцового содержимого и повышение потребления корма. Под их влиянием в ряде случаев отмечали увеличение переваримости сухих веществ корма и, в том числе, нейтрально-детергентной клетчатки (Mukmin, Weng, 2012).

Использованию бикарбоната натрия в качестве буферной кормовой добавки посвящён основательный обзор (Krause, 2008). Согласно обобщённым публикациям, сода является наиболее распространённой буферной добавкой в рационы коров для предотвращения ацидоза,

которую рекомендуют включать в дозе от 0,7 до 1,5% в расчёте на сухое вещество рациона. Автор обзора на основе обобщения рекомендует более узкий диапазон добавки: от 0,6 до 0,8% от массы сухого вещества рациона, при этом указывая, что необходимы дополнительные исследования для того чтобы определить оптимальную величину добавки. Если обратить внимание на то, что возникновение и степень выраженности ацидоза зависят от состава рациона, его физической формы и ряда других факторов, в том числе и тех, на которые не всегда обращают внимания, то определить оптимальную величину добавки в более узком диапазоне, которая была бы подходящей для всех случаев, невозможно.

Недавно для обоснования свойств веществ, используемых в качестве буфера и их количества, испытали новый подход, который заключается в определении расхода уксусной кислоты на титрование раствора (взвеси) буфера до pH 6,8 (Faser, 2010). Было установлено, что кислотосвязывающая способность (КСС) окиси магния (MgO) составила 40,72, смеси карбонат/окись магния (MgCO₃/MgO) – 34,60, доломита (MgCO₃/MgO/NaHCO₃) – 22,6, кальций-магниевый карбоната (CaMgCO₃) – 20,67, сесквистерона натрия (NaHCO₃* Na₂CO₃* 2H₂O) – 12,88 и соды (NaHCO₃) – 11,44 мэкв/г.

Из представленных данных следует, что для нейтрализации кислот потребовалось наименьшее количество окиси магния и наибольшее – гидрокарбоната натрия. Следует обратить внимание, что эти величины отражают не массу израсходованных веществ, а количество их эквивалентов. При одинаковом механизме действия количество эквивалентов веществ было бы близким. Наблюдаемые различия подтверждают, что механизм, за счёт которого повышался pH, был разным. Эти величины, характеризующие КСС, не согласуются с биологической эффективностью испытанных веществ, ранее выявленной на животных, когда установили, что сода и магнезит могут использоваться с наибольшим эффектом по сравнению с другими добавками и часто – с одинаковым успехом для профилактики ацидоза и повышения продуктивности (Erdman, 1982, 1988).

Механизмы действия соды и окиси магния в рубце совершенно разные: гидрокарбонат натрия является истинным буфером, то окись магния - нейтрализатор. Под влиянием нейтрализаторов величина pH содержимого рубца должна повышаться пропорционально увеличению его содержания в корме, однако эта закономерность не проявляется в отношении окиси магния, поскольку её действие ограничено растворимостью. При приближении pH в рубце к 6,6 – 6,8 её растворимость резко снижается и реакция нейтрализации прекращается, что является благоприятным, так как при этом вновь активизируется микрофлора, переваривающая клетчатку, и повышается продукция кислот, что ведёт к повышению кислотности, и растворимость окиси магния начинает восстанавливаться, возобновляя реакцию нейтрализации. Применение окиси магния вызывает повышение pH не только в рубце, но и в тонком кишечнике, что содействует росту активности амилолитических ферментов, улучшая переваримость крахмала.

Кислотосвязывающая способность кормов (КСС). Определение КСС минерального сырья и комбикормов применяют для характеристики кормов, используемых в кормлении свиней и птиц (Крюков 2011, 2012). Часто понятие КСС отождествляют с буферной ёмкостью, но они разные, хотя и тесно связаны. КСС кормов и минералов определяют путём титрования соляной кислотой, поскольку именно с ней они вступают в реакцию в желудке. В разных публикациях при изучении влияния КСС на с.-х. птиц корма титруют до pH 5; 4 или 3 – общепризнанного значения не существует, хотя большинство исследователей титруют суспензию кормов до pH 4. Определение КСС в кормах для жвачных животных ставит перед исследователями совершенно другую цель, чем в птицеводстве или свиноводстве: определить их способность к нейтрализации органических кислот в рубце. Это важное направление для оценки кормов, используемых в скотоводстве, требует специального развития в российской и мировой науке. Оно подтверждается тем, что ацидоз рубца развивается гораздо реже у коров, получающих рационы, в составе которых источником грубых кормов являются бобовые культуры (Erdman, 1988), характеризующиеся более высокой КСС по сравнению с кукурузным силосом.

сом или силосами из других злаковых культур. Несмотря на важность использования величины КСС кормов при прогнозировании или предупреждении возможных случаев ацидоза рубца, она в большинстве случаев может быть только дополнительным, хотя и важным показателем. Это обусловлено спецификой пищеварения у жвачных животных.

Описывая предполагаемый механизм действия гидрокарбоната натрия (Sanchez, 1999; Singh, 2005; Gabel, 1989), связывают с ионом гидрокарбоната. При статистической обработке результатов 41 эксперимента, проведенного на коровах, получавших рационы, содержащие в среднем 57% комбикорма, установлено, что бикарбонат натрия в рационах с кукурузным силосом повышал удой на 0,8 кг/гол/день и содержание жира на 0,22%. Влияние добавки соды было незначительным, если в качестве объёмистых кормов не использовали кукурузный силос. На основании обзора многочисленных исследований было сделано заключение, что использование гидрокарбоната натрия в качестве кормовой добавки в рационы коров, характеризуется противоречивыми результатами: от улучшения продуктивности до её угнетения (Hasan et al., 2001). В ряде исследований удалось установить, что карбонат натрия (Na_2CO_3), как и гидрокарбонат, также положительно влиял на продуктивность коров (Belibasakis, Triantos, 1991; Edwards, Poole, 1983; Loften, Mertens, 1979) и содержание жира в молоке (Caddisa et al., 1988; Ghorbani et al., 1989). Таким образом, выше цитируемые публикации не подтверждают уникальной роли иона гидрокарбоната. Не все исследователи разделяют предполагаемый механизм действия гидрокарбоната в рубце (Singh, 2005).

Такое же заключение можно сделать и относительно катиона натрия, поскольку давно известно, что применение гидрокарбоната или карбоната калия, также эффективно повышало рН содержимого рубца, соотношение ацетат: пропионат и жирность молока (Erdman, 1988). В отдельных случаях гидрокарбонат калия, был даже более эффективным, по сравнению с содой, в отношении увеличения концентрации жира в молоке (West et al., 1986). На фоне кукурузного силоса положительное действие лучше проявляли и другие буферные добавки, включая сесквистерон натрия, окись магния и многокомпонентные буферные смеси (Staples, Lough, 1989).

Электролитный баланс кормов. При изучении буферных добавок в опытах на животных, редко учитывают, что их включение в рацион во всех случаях ведёт к изменению величины электролитного или катионно-анионного баланса (ВКАБ). Это расчётная величина, существующая виртуально, которую нельзя взвесить или добавить в корм, но она меняется при изменении рациона, поэтому её необходимо нормировать, хотя не существует понятия: «потребность в ВКАБ».

Для расчёта ВКАБ применяют различные формулы, каждая из которых имеет определённое научное обоснование:

1. $\text{Na} + \text{K} - \text{Cl}$, (Mongin, 1980)
2. $(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S})$, (Ender et al., 1971)
3. $(\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + 0.60\text{S})$, (Goff et al., 2004)
4. $(\text{Na} + \text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}) - (\text{Cl} + \text{P} + \text{S}_{\text{неорг}})$, (Chan, 1974, 1981)
5. $(\text{Na} + \text{K} + 0,38\text{Ca} + 0,30\text{Mg}) - (\text{Cl} + 0,60\text{S} + 0,50\text{P})$, (Horst et al., 1997)
6. $(\text{Na} + \text{K} + 0,15\text{Ca} + 0,15\text{Mg}) - (\text{Cl} + 0,20\text{S} + 0,30\text{P})$, (Horst et al., 1997)
7. $(\text{Na} + \text{K} + 0,15\text{Ca} + 0,15\text{Mg}) - (\text{Cl} + 0,60\text{S} + 0,50\text{P})$, (NRC, 2001)
8. $(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K} + \text{NH}_4 + \text{H}) - (\text{HCO}_3 + \text{Cl} + \text{H}_2\text{PO}_4 + \text{HPO}_4 + \text{SO}_4)$

Пример расчёта по формуле 6:

$$\text{ВКАБ} = (\% \text{Na} \times 435) + (\% \text{K} \times 256) + (0.15 \times \% \text{Ca} \times 499) + (0.15 \times \% \text{Mg} \times 822) - (\% \text{Cl} \times 282) - (0.20 \times \% \text{S} \times 624) - (0.30 \times \% \text{P} \times 581),$$

где: ВКАБ – величина электролитного баланса, выраженная в мэкв/кг сухого вещества, % – содержание элемента в расчёте на сухое вещество корма; выделенные цифры – коэффициенты, числовые значения которых остаются постоянными для всех формул.

Всасывание кальция, магния, фосфора и серы из кишечника характеризуется значительной изменчивостью, поэтому проявление действия электролитного баланса корма может

существенно различаться в зависимости от конкретных условий. Изучая влияние калия, натрия и хлора на продуктивность коров, пришли к выводу, что концентрация калия или натрия играет меньшую роль, чем ВКАБ рациона (Tucker, Hogue, 1990). Это было подтверждено и другими исследователями (West et al., 1992). ВКАБ влияет на состояние рубцового пищеварения и продуктивность коров.

Показано, что увеличение ВКАБ рациона с -420 до +690 мэкв/кг вызывало возрастание потребления корма (Wang, Beede, 1992). В эксперименте на рационах с ростом ВКАБ от -100 до 0,00, +100 и +200 мэкв/кг наблюдали увеличение рН среды рубца, хотя содержание ЛЖК при этом не изменялось, удой повысился на 8,6% (Tucker et al., 1988). Статистическая обработка результатов исследований, проведенных в разные годы, показала, что существует линейная зависимость между ВКАБ рациона и потреблением корма (Hu, Murphy, 2004). В результате пришли к выводу, что максимальное потребление корма достигается при его ВКАБ, равной 400 мэкв/кг.

Исходя из рекомендуемой ВКАБ, можно рассчитать количество буфера или отдельного вещества, которое нужно добавить в рацион, а не принимать мало обоснованное решение на основе общих рекомендаций. Так, если ВКАБ используемого рациона составляет 320 мэкв/кг, то чтобы достичь требуемого норматива, ВКАБ нужно увеличить на величину: $400 \text{ мэкв/кг} - 320 \text{ мэкв/кг} = 80 \text{ мэкв/кг}$. Если принять, что ВКАБ будет повышено за счёт соды, то по справочнику находим, что масса 1 экв. натрия равна 23 г и, исходя из этого, 1 г натрия содержит 43 мэкв. Путём деления на 43 недостающих до нормы мэкв, находим количество граммов натрия, которое необходимо добавить к 1 кг корма: $80 \text{ мэкв/кг} : 43 \text{ мэкв/г} = 1,86 \text{ г/кг}$. Учитывая, что в соде содержится 27,4% натрия, в 1 кг рациона необходимо включить $1,86 \text{ г/кг} : 0,274 = 6,79 \text{ г/кг}$ соды. Аналогичные расчеты проводят при использовании других веществ. Можно использовать и карбонат или пропионат натрия (калия). Анионы перечисленных веществ не влияют на ВКАБ, поэтому они не входят в формулу расчета. Нет смысла в использовании поваренной соли, поскольку отрицательно заряженный ион хлора влияет на ВКАБ так же, как и положительно заряженный ион натрия, поэтому при их одинаковом всасывании не удастся заметно изменить ВКАБ в организме.

При изучении на коровах в первые 10 недель лактации влияния рационов с ВКАБ +180, +250, +520 мэкв/кг установили, что наибольшая продуктивность получена на рационе с ВКАБ 520 мэкв/кг, причём она была выше, если ВКАБ увеличивали путём добавления равных долей натрия и калия, по сравнению с использованием только одного из элементов (Sanchez, 2000). При этом проявляются, с одной стороны, особенности роли калия или натрия, а с другой – взаимодействие этих элементов при влиянии на обмен веществ и продуктивность. Важная роль калия в изменении ВКАБ проявляется независимо от стадии лактации во время теплового стресса, который сопровождается повышенным выведением калия из организма с потом и молоком, поэтому его уровень в рационе целесообразно повышать (Griffel et al., 1997; West et al., 1987a,b). При этом необходимо учитывать взаимодействие калия и магния, поддерживая их соотношение в рационе на уровне 5 : 1 (по массе на сухое вещество корма). Применение комплексных кормовых добавок, содержащих нейтрализатор и буфер, часто оказывается более эффективным по сравнению с одной содой (Staples and Lough 1989). Повышение ВКАБ в рационах коров обеспечивает наибольший эффект в начале лактации (Sanchez, 2000, Delaquis, Block. 1995); это свидетельствует о том, что действие буферных добавок обусловлено спецификой обмена веществ у новотельных коров. Их большая эффективность на фоне рационов с кукурузным силосом по сравнению с люцерновым сенажом может быть обусловлена тем, что ВКАБ рационов с кукурузным силосом обычно ниже (Escobosa et al. 1984) и включение в них соды позволяет повысить ВКАБ.

При нормировании питательных веществ, рацион рассчитывают исходя из потребностей среднего животного, хотя они в стаде не одинаковы. Кроме того, повышение концентрации кислот в рубце зависит от состава корма, времени его потребления и, поэтому рН в течение суток не держится постоянно на низком уровне. При введении в кормосмесь буферных

добавок вещества последних будут поступать в рубец с потребляемым кормом, независимо от концентрации в нём ЛЖК. В связи с этим было выдвинуто предположение о целесообразности предоставления коровам свободного доступа к буферным добавкам, чтобы они в зависимости от кислотности содержимого рубца самостоятельно определяли время и их потребляемое количество. В эксперименте при скармливании корма, включающего гидрокарбонат натрия, или корма без него, но при свободном доступе к гидрокарбонату (в смеси с мелассой 70% +30%), было установлено, что при неограниченном доступе бычки на откорме потребляли соды в 2,2 раза больше, дойные коровы – в 3.3 раза меньше, по сравнению с потребляемым кормом, включавшем соду (Paton, 2006). Если использовали сухие буферные смеси (без мелассы), то коровы не потребляли нужное их количество в связи с мучнистой и пыльной формой, а главное – неприятным вкусом.

Имеются указания, что при добавке соды в рацион в количестве более 110 г/гол/сутки коровы в отдельных случаях могут потреблять меньше корма (Shaver et al., 1991). Проблему пытались решать путём включения соды в кормовые добавки с привлекательным вкусом. Однако это оказывалось не всегда приемлемым, да и невозможно было приготовить коммерческую добавку с постоянным составом, пригодную для различных ситуаций. Эти трудности были оригинально преодолены в результате включения буферных добавок в лизунцы. Так, при испытании было установлено, что коровы слизывали в среднем по 320 г/день (Krause et al., 2009). Количество потребляемого лизунца можно регулировать его плотностью, повысить прочность массы лизунца, можно ограничить его потребление и подобрать для конкретного стада подходящий вариант. Учитывая, что концентрация кислот в рубце у отдельных животных отличается как по уровню, так и по времени, то коровы при свободном доступе к лизунцу сами смогут регулировать его потребление. Применение этого элемента технологии избавляет от необходимости проведения расчетов для балансирования рационов по ВКАБ.

Следует иметь в виду, что кормовые добавки с положительной ВКАБ безусловно необходимы в первые 10 недель лактации; особенно, если рацион включает много кукурузного силоса. При использовании объёмистых кормов, представленных силосами, приготовленными из разнотравья или бобовых культур, необходимость использования буферных добавок может быть минимальной, и её целесообразность определяют на основе расчета ВКАБ рациона и анализа состояния животных и жирности молока.

В целом, применение буферных добавок наиболее эффективно в начале лактации, менее эффективно в середине и не представляется целесообразным в конце лактации. В качестве буферных добавок лучше использовать бикарбонат натрия и карбонат калия в равном эквивалентном соотношении и в качестве нейтрализатора – оксид магния. При обосновании дозы буферной добавки следует принимать во внимание, что она должна обеспечить ВКАБ в рационе в начале лактации на уровне 400-500 мэкв/кг и в середине лактации – 350-400 мэкв/кг. В связи с высокой изменчивостью содержание калия в грубых кормах, расчёт ВКАБ рациона необходимо проводить на основании результатов химического анализа компонентов рациона.

Действие рациона с ВКАБ, установленной на основании расчётов, не всегда сопровождается ожидаемыми результатами, поэтому для подтверждения удачного выбора ВКАБ следует проводить анализ мочи. У лактирующих коров оптимальная величина рН мочи должна быть в пределах 7,6-8,2. Показатель ниже рН 7,6 свидетельствует о том, что ВКАБ рациона следует повысить, иначе корова не достигнет возможного уровня продуктивности. Высокий рН мочи свидетельствует, что наблюдаются нежелательные отклонения в обмене веществ и продуктивность снижена, поэтому нужно убавить в рационе количество соды, или другой буферной добавки вплоть до полного их исключения и, если этого недостаточно, то снизить концентрацию калия путём подбора компонентов рациона.

В России немало хозяйств, в которых продуктивность достигает 7-8 и более тысяч литров молока за лактацию, при этом нередко неизвестно, сколько недополучают молока и насколько сокращается продолжительность хозяйственного использования коров в связи с САР и нарушением электролитного баланса корма, поскольку в большинстве случаев отсутст-

вует информация, учитывающая специфику местной кормовой базы. В сельскохозяйственных университетах США исследования в этом направлении активно проводились в течение последних двадцати лет, поэтому представленный в данной работе материал, в основном, основан на результатах, полученных в американских университетах. Определённую информацию по данной теме можно также найти в ранних работах российских авторов (Смирнов, 1979; Шарабрин и др., 1977).

В настоящее время выявлены важнейшие аспекты механизма действия электролитов корма на физиологические процессы, обеспечивающие жизнедеятельность и продуктивность животных, поэтому их необходимо учитывать в практике кормления. Если рацион для коров не контролирует по ВКАБ, вышеупомянутые механизмы, безусловно, функционируют, но на некотором случайно сложившемся уровне. Насколько этот уровень в конкретных условиях совпадает с оптимальным для поддержания необходимого баланса физиологических процессов, остаётся не выясненным. Роль этих механизмов для коров с продуктивностью ниже 4,5-5 тыс. кг не столь актуальна, по сравнению с высокопродуктивными коровами, и некоторая несбалансированность отдельных путей обмена веществ не отражается заметно на продуктивности. Однако на современном уровне знаний нет сомнений относительно значимости ВКАБ и необходимости его регулирования в рационах высокопродуктивных коров. ВКАБ – это важный для российских специалистов параметр контроля качества рациона в молочном скотоводстве, который, не требуя больших расходов, позволяет повысить экономическую эффективность производства молока и улучшить воспроизводство.

Заключение

Субклинический ацидоз рубца у высокопродуктивных коров распространён повсеместно. В США убытки от САР в среднем составляют около 1,12 дол./гол./день, поэтому использование кормовых добавок для профилактики САР стало общепринятым приёмом. Используют соду, окись магния, а также смеси различных веществ. Бикарбонат натрия является естественным буферным веществом, которое содержится в слюне, он поступает в рубец в большом количестве, но при высоком уровне кормления его недостаточно для поддержания оптимального pH в рубцовом содержимом. Диапазон количества образующейся слюны достаточно широк (от 5 до 10 л на 1 кг потреблённого сухого вещества), что непосредственно влияет на физиологию пищеварения. При потреблении грубых кормов слюны выделяется существенно больше, чем при поедании концентратов, поэтому с увеличением доли последних в суточном рационе происходит уменьшение выделения слюны, что способствует возникновению ацидоза.

Буферные добавки поддерживают pH среды в определённом диапазоне, тогда как раскислители (нейтрализаторы) повышают pH в зависимости от концентрации в среде. Для некоторых веществ это действие ограничивается растворимостью, которая падает с повышением pH среды. Наибольшая эффективность от применения буферных добавок отмечена в первые 2-3 мес. лактации в следующих случаях: 1. ожидается субклинический ацидоз рубца; 2. кукурузный силос, а также силоса из других злаковых культур, представляют основную часть грубых кормов; 3. грубые корма мелко измельчены; 4. смешанная сбалансированная кормосмесь имеет влажность выше 55-60%; 5. низкое содержание сырой клетчатки в рационе; 6. уровень концентратов в рационе превышает 50% и содержит более 35% легко ферментируемых сахаров; 7. пониженное содержание жира в молоке; 8. слабая жвачка; 9. проблемы с конечностями; 10. высокая температура окружающей среды. В реальности трудно найти стадо, в котором не присутствовали бы один или несколько из перечисленных факторов в различных сочетаниях, что, в общем, и предопределило широкое использование буферных добавок. Рекомендуемые дозы буферных кормовых добавок составляют 0,8-1,6% от массы сухого вещества корма, однако применение буферных добавок не всегда эффективно.

Несмотря на то, что в этой области накоплен значительный опыт, в мире продолжают активные исследования по изучению влияния веществ, обладающих буферными свойствами

ми, что свидетельствует о сложности проблемы, в частности, обусловленной многообразием условий кормления и содержания животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крюков В.С. Управление кислотосвязывающей способностью и электролитным балансом // РацВетИнформ. – 2011. – № 9. – С. 31-37.
2. Крюков В.С. Что надо знать о кислотосвязывающей способности кормов // РацВетИнформ. – 2012. – № 1. – С 32-37.
3. Смирнов С.И. Болезни желудка жвачных животных. –М.: Колос, 1979. – 112 с.
4. Шарабрин И.Г., Кондрахин И.П., Луцкий Д.Я. и др. Рекомендации по диагностике, лечению и профилактике болезней обмена веществ у коров. – М., МСХ СССР, 1977. – 68 с.
5. Beede D.R., Hirschert E.M., Lough D.S., Sanchez W.K., Wang C. Solubility of magnesium from feed grade sources in an in vitro+ abomasal system // Proc. Conf.: Farm Dairy Production. Philadelphia, 1989. – P. 1-4.
6. Belibasakis N.G., Triantos A. Effects of sodium carbonate on milk yield, milk composition, and blood components of dairy cows in early lactation // J. Dairy Sci. – 1991. – Vol. 74. – P. 467- 473.
7. Chan J.C.M. The influence of dietary intake on endogenous acid production // Nutr. Metab. 1974.– Vol. 16. – P. 1-9.
8. Chan J.C.M. Nutrition and acid-base metabolism // Fed. Proc. – 1981. – Vol. 40. – P. 2423 – 2428.
9. Delaquis A.M., Block E. Dietary cation-anion difference, acid-base status, mineral metabolism, renal function, and milk production of lactating cows // J. Dairy Sci. – 1995. – Vol. 78. – P. 2259-2268 .
10. Dschaak C.M., Eun J.-S., Young A.J., Stott R.D., Peterson S. Effects of supplementation of natural zeolite on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactational performance of dairy cows // Professional Animal Scientist. – 2010. – Vol. 26. – P. 647-654.
11. Edwards S.A., Poole D.A. The effects of including sodium bicarbonate in the diet of dairy cows in early lactation. // Anim. Prod. – 1983. – Vol. 37. – P. 183-191.
12. Enemark J.M.D. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): a review // Vet. J. – 2008. – Vol. 176. – P. 32-43.
13. Ender F., Dishington I.W., Helgebostad A. Calcium balance studies in dairy cows under experimental induction and prevention of hypocalcaemic paresis puerperalis // Z. Tierphysiol., Tierernahrg. Futtermittel. – 1971. – Vol. 28. – P. 233-256.
14. Erdman R.A., Botts R.L., Hemken R.W., Bull L.S. Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on production and physiology in early lactation // J. Dairy Sci. – 1980. – Vol. 63. – P. 923-930.
15. Erdman R.A., Hemken R.W., Bull L.S. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: Effects on production, acid-base metabolism, and digestion // J. Dairy Sci. – 1982. – Vol. 65. – P. 712-731.
16. Erdman R.A. Dietary buffering requirements of lactating cow: a review // J. Dairy Sci. – 1988. – Vol. 65. – P. 712-731.
17. Escobosa, A., Coppock C.E., Rowe Jr. L.D., Jenkins W.L., Gates C.E. Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather // J. Dairy Sci. – 1984. – Vol. 67. – P. 574-584.
18. Faser J. Keep sodium bicarbonate for buffering in dairy cow rations // American Dairyman. – 2010. – Vol. 36. – No. 2. – P.10-14.
19. Gabel G., Bestmann M., Martens H. Bicarbonate transport in rumen; effects of diet and of short chain fatty acids and chloride // J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. – 1989. – Vol. 62. – P. 20-21.
20. Caddisa K.A., Muller L.D., Sweeney T.F. Sodium sesquicarbonate for early lactation dairy cows fed corn silage based diets // J. Dairy Sci. – 1988. – Vol. 71. – P. 381-392.
21. Ghorbani G.R., Jackson J.A., Hemken R.W. Effects of sodium bicarbonate and sodium sesquicarbonate on animal performance, ruminal metabolism and systemic acid base status // J. Dairy Sci. – 1989. – Vol. 72. – P. 2039-2046.
22. Goff J.P., Ruiz R., Horst R.L. Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever // J. Dairy Sci. – 2004. – Vol. 87. – P. 1245-1255.
23. Griffel L.A., Sanchez W.K., Bull R.C., Rynk R.F., Guy M.A., Swanson B.A. Effects of dietary protein and sodium or potassium buffers during summer on lactational performance, acid-base status and nitrogen metabolism of dairy cows // J. Dairy Sci. – 1997. – Vol. 80. – Suppl. 1. – P. 241.
24. Hasan Z.-U., Sarwar M., Iqbal Z., Mahmood S. Dietary cation anion balance in the ruminants i-effects during early lactation // Int. J. Agri. Biol. – 2001. – Vol. 3. – P.243-249.

25. Horst R.L., Goff J., Reinhardt T.A., Buxton D.R. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle // *J. Dairy Sci.* – 1997. – Vol. 80. – P. 1269-1280.
26. Hu W., Murphy M.R. Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: a meta-analysis // *J. Dairy Sci.* – 2004. – Vol. 87. – P. 2222 - 2233.
27. Hutjens M.F. Feed additives. *Veterinary clinics of North America // Food Animal Practice.* – 1991. – Vol. 7. – P. 525-540.
28. Krause K. M. To buffer or not? Supplemental bicarb and subacute ruminal acidosis. – 2008
http://ag.arizona.edu/ANS/swnmc/Proceedings/2008/06Krause_08
29. Krause K. M., Dhuyvotter D.V., Oetzel G.R. Effect of low-moisture buffer block on ruminal pH in lactating dairy cattle induced with subacute ruminal acidosis // *J. Dairy Sci.* – 2009. – Vol. 92. – P. 352-364.
30. Loften J.R., Mertens D.R. The effect of sodium bicarbonate, forage source and NDF level on feed intake, milk production and milk constituents // *J. Dairy Sci.* – 1979. – Vol. 62. – Suppl. 1. – P. 141 (Abstr.)
31. Matrone G., Ramsey H.A., Wise G.H. Effect of volatile fatty acids, sodium and potassium bicarbonate in purified diets for ruminants // *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* – 1959. – Vol. 100. – P. 8-11.
32. Miller G. Buffers in dairy rations. – 2007. p. 1-3. <http://www.premierchemicals.com>
33. Mongin, P. Electrolytes in nutrition: Review of basic principles and practical application in poultry and swine // In: *Proc. Third Ann. Int. Mineral Conf.* 1980. – Orlando, FL, P. 1.
34. Mukmin A., Weng R.C. Effect of additional magnesium oxide for ruminant consuming high ratio concentrate diets : Literature Review // *Lecture in Animal Science.* – Taiwan, Kamis: National Pingtung University of Science and Technology Publ., 2012. – Vol. 12.
35. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. – Washington: National Research Council. National Academic Press, 2001.
36. Paton L.J., Beauchemin K.A., Veira D.M., von Keyserlingk M.A.G. Use of sodium bicarbonate, offered free choice or blended into the ration, to reduce the risk of ruminal acidosis in cattle // *Can. J. Anim. Sci.* – 2006. – Vol. 86. – P. 429-437.
37. Peirce S.B., Muller L.D., Harpster H.W. Influence of sodium bicarbonate and magnesium oxide on digestion and metabolism in yearling beef steers abruptly changed from high forage to high energy diets // *J. Anim. Sci.* – 1983. – Vol. 57. – P. 1561-1567.
38. Russell J.B., Chow J.M. Another theory for the action of ruminal buffer salts: decreased starch fermentation and propionate production // *J. Dairy Sci.* – 1993. – Vol. 76. – P. 826-830.
39. Sanchez W.K. Another new look at DCAD for the postpartum dairy cow // *Mid-South Ruminant Nutrition Conference*, 1999. – Dallas-Fort worth, TX, P. 79- 86.
40. Sanchez W.K. Potassium and other macrominerals for the lactating dairy cow // In: *Advances in Dairy Technology.* – 2000. – Vol. 12. – P. 127-140.
41. Shaver R.D., Armentano L.E., Crowley J.W. // In: *Dietary buffers for dairy cattle.* Cooperative extension publ. – Madison, Wisconsin. A 3436, 1991. – P. 1-4.
42. Singh N. A model to predict fluctuations in rumen pH. – Thesis submitted to the Faculty of the Graduate School of the University of Maryland. – College Par. 2005, 93 p.
43. Staples C.R. Lough D.S. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A review // *Anim. Feed Sci. Tech.* – 1989. – Vol. 23. – P. 277-303.
44. Stone W.C. The effect of subclinical rumen acidosis on milk components // In: *Proc. Cornell Nutrition Conf. Feed Manufact.* – Cornell University, Ithaca: New York, 1999. – P. 40-46.
45. Teh T.H., Hemken R.W., Harmon R.J. Dietary magnesium oxide with sodium bicarbonate on cows in early lactation // *J. Dairy Sci.* – 1985. – Vol. 68. – P. 881-890.
46. Tucker W.B., Harrison G.A. Hemken R.W. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy cattle // *J. Dairy Sci.* 1988. – Vol. 71. – P. 346 -354.
47. Tucker W.B., Hogue J.F. Influence of sodium chloride or potassium chloride on systemic acid-base status, milk yield, and mineral metabolism in lactating dairy cows // *J. Dairy Sci.* – 1990. – Vol. 73. – P. 3485-3496.
48. Wang C., Beede D.K. Effects of diet magnesium on acid-base status and calcium metabolism of dry cows fed acidogenic salts // *J. Dairy Sci.* – 1992. – Vol. 75. – P. 829- 836.
49. West J.W., Coppock C.E., Nave D.H., Schelling G.T. Effects of potassium buffers on feed intake in lactating dairy cows and on rumen fermentation in vivo and in vitro // *J. Dairy Sci.* – 1986. – Vol. 69. – P. 124-134.
50. West J.W., Coppock C.E., Nave D.H., Labore J.M., Greene L.W. Effects of potassium carbonate and sodium bicarbonate on rumen function in lactating Holstein cows // *J. Dairy Sci.* – 1987a. – Vol. 70. – P. 81- 92.
51. West J.W., Coppock C.E., Milam K.Z., Nave D.H., Labore J.M. Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating cows during hot weather // *J. Dairy Sci.* – 1987b. – Vol. 70. – P. 309-318.

52. West J.W., Haydon K.D., Mullinix B.G., Sandifer T.G. Dietary cation-anion balance and cation source effects on production and acid-base status of heat-stressed cows // *J. Dairy Sci.* – 1992. – Vol. 75. – P. 2776-2784.

REFERENCES

1. Beede D.R., Hirschert E.M., Lough D.S., Sanchez W.K., Wang C. Solubility of magnesium from feed grade sources in an in vitro+ abomasal system. *Proc. Conf.: Farm Dairy Production*, Philadelphia, 1989, P. 1-4.
2. Belibasakis N.G., Triantos A. Effects of sodium carbonate on milk yield, milk composition, and blood components of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 1991, 74: 467-473.
3. Chan J.C.M. The influence of dietary intake on endogenous acid production. *Nutr. Metab.* 1974, 16: 1-9.
4. Chan J.C.M. Nutrition and acid-base metabolism. *Fed. Proc.* 1981, 40: 2423-2428.
5. Delaquis A.M., Block E. Dietary cation-anion difference, acid-base status, mineral metabolism, renal function, and milk production of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 1995, 78: 2259-2268.
6. Dschaak C.M., Eun J.-S., Young A.J., Stott R.D., Peterson S. Effects of supplementation of natural zeolite on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactational performance of dairy cows. *The Professional Animal Scientist.* 2010, 26: 647-654
7. Edwards S.A., Poole D.A. The effects of including sodium bicarbonate in the diet of dairy cows in early lactation. *Anim. Prod.* 1983, 37: 183-191.
8. Enemark J.M.D. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): a review. *Vet. J.* 2008, 176: 32-43.
9. Ender F., Dishington I.W., Helgebostad A. Calcium balance studies in dairy cows under experimental induction and prevention of hypocalcaemic paresis puerperalis. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkde.* 1971, 28: 233-256.
10. Erdman R.A., Botts R.L., Hemken R.W., Bull L.S. Effect of dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide on production and physiology in early lactation. *J. Dairy Sci.* 1980, 63: 923-930.
11. Erdman R.A., Hemken R.W., Bull L.S. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: Effects on production, acid-base metabolism, and digestion. *J. Dairy Sci.* 1982, 65: 712-731.
12. Erdman R.A. Dietary buffering requirements of lactating cow: a review. *J. Dairy Sci.* 1988, 65: 712-731.
13. Escobosa, A., Coppock C.E., Rowe Jr. L.D., Jenkins W.L., Gates C.E. Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather. *J. Dairy Sci.* 1984, 67: 574-584.
14. Faser J. Keep sodium bicarbonate for buffering in dairy cow rations. *American Dairyman.* 2010, 36(2): 10-14.
15. Gabel G., Bestmann M., Martens H. Bicarbonate transport in rumen; effects of diet and of short chain fatty acids and chloride. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 1989, 62: 20-21.
16. Caddisa K.A., Muller L.D., Sweeney T.F. Sodium sesquicarbonate for early lactation dairy cows fed corn silage based diets. *J. Dairy Sci.* 1988, 71: 381-392.
17. Ghorbani G.R., Jackson J.A., Hemken R.W. Effects sodium bicarbonate and sodium sesquicarbonate on animal performance, ruminal metabolism and systemic acid base status. *J. Dairy Sci.* 1989, 72: 2039-2046.
18. Goff J.P., Ruiz R., Horst R.L. Relative acidifying activity of anionic salts commonly used to prevent milk fever. *J. Dairy Sci.* 2004, 87: 1245-1255.
19. Griffel L.A., Sanchez W.K., Bull R.C., Rynk R.F., Guy M.A., Swanson B.A. Effects of dietary protein and sodium or potassium buffers during summer on lactational performance, acid-base status and nitrogen metabolism of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1997, 80(Suppl. 1), P. 241.
20. Hasan Z.-U., Sarwar M., Iqbal Z., Mahmood S. Dietary cation anion balance in the ruminants i-effects during early lactation. *Int. J. Agri. Biol.* 2001, 3: 243-249.
21. Horst R.L., Goff J., Reinhardt T.A., Buxton D.R. Strategies for preventing milk fever in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1997, 80: 1269-1280.
22. Hu W., Murphy M.R. Dietary cation-anion difference effects on performance and acid-base status of lactating dairy cows: a meta-analysis. *J. Dairy Sci.* 2004, 87: 2222-2233.
23. Hutjens M.F. Feed additives. *Veterinary clinics of North America. Food Animal Practice.* 1991, 7: 525-540.
24. Krause K. M. To buffer or not? Supplemental bicarb and subacute ruminal acidosis. 2008. http://ag.arizona.edu/ANS/swnmc/Proceedings/2008/06Krause_08
25. Krause K. M., Dhuyvotter D.V., Oetzel G.R. Effect of low-moisture buffer block on ruminal pH in lactating dairy cattle induced with subacute ruminal acidosis. *J. Dairy Sci.* 2009, 92: 352-364.
26. Kryukov V.S. *RatsVetInform - Rational Veterinary Information.* 2011, 9: 31-37. (In Russian)

27. Kryukov V.S. *RatsVetInform - Rational Veterinary Information tInform*. 2012, 1: 32-37. (In Russian)
28. Lofton J.R., Mertens D.R. The effect of sodium bicarbonate, forage source and NDF level on feed intake, milk production and milk constituents. *J. Dairy Sci.* 1979, 62(Suppl. 1): 141 (Abstr.)
29. Matrone G., Ramsey H.A., Wise G.H. Effect of volatile fatty acids, sodium and potassium bicarbonate in purified diets for ruminants. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1959, 100: 8-11.
30. Miller G. *Buffers in dairy rations*. 2007. p. 1-3. <http://www.premierchemicals.com>
31. Mongin, P. Electrolytes in nutrition: Review of basic principles and practical application in poultry and swine. In: *Proc. Third Ann. Int. Mineral Conf.* Orlando, FL, 1980, P. 1.
32. Mukmin A., Weng R.C. Effect of additional magnesium oxide for ruminant consuming high ratio concentrate diets : Literature Review. *Lecture in Animal Science*. Taiwan, Kamis: National Pingtung University of Science and Technology Publ., 2012 (12 Januari).
33. NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington: National Research Council. National Academic Press., 2001.
34. Paton L.J., Beauchemin K.A., Veira D.M., von Keyserlingk M.A.G. Use of sodium bicarbonate, offered free choice or blended into the ration, to reduce the risk of ruminal acidosis in cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 2006, 86: 429-437.
35. Peirce S.B., Muller L.D., Harpster H.W. Influence of sodium bicarbonate and magnesium oxide on digestion and metabolism in yearling beef steers abruptly changed from high forage to high energy diets. *J. Anim. Sci.* 1983, 57: 1561-1567.
36. Russell J.B., Chow J.M. Another theory for the action of ruminal buffer salts: decreased starch fermentation and propionate production. *J. Dairy Sci.* 1993, 76: 826-830.
37. Sanchez W.K. Another new look at DCAD for the postpartum dairy cow. *Mid-South Ruminant Nutrition Conference*. Dallas-Fort worth, TX, 1999, P. 79- 86.
38. Sanchez W.K. Potassium and other macrominerals for the lactating dairy cow. *Advances in Dairy Technology*. 2000, 12: 127-140.
39. Sharabrin I.G., Kondrakhin I.P., Lutskii D.Ya. et al. *Rekomendatsii po diagnostike, lecheniyu i profilaktike bolezni obmena veshchestv u korov* (Recommendations for diagnosis, treatment and prevention of metabolic diseases in cows). Moscow: MSKh SSSR Publ., 1977, 68 p.
40. Shaver R.D., Armentano L.E., Crowley J.W. *Dietary buffers for dairy cattle*. Cooperative extension publ. Madison, Wisconsin. A 3436, 1991, P. 1-4.
41. Singh N. *A model to predict fluctuations in rumen pH*. Thesis submitted to the faculty of the graduate school of the University of Maryland. College Par., 2005, 93 p.
42. Smirnov S.I. *Bolezni zheludka zhvachnykh zhivotnykh* (Diseases of the stomach in ruminants). Moscow: Kolos, 112 p.
43. Staples C.R. Lough D.S. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A review. *Animal Feed Sci. Tech.* 1989, 23: 277-303.
44. Stone W.C. The effect of subclinical rumen acidosis on milk components . In: *Proc. Cornell Nutrition Conf. Feed Manufact.* Cornell University, Ithaca: New York, 1999, P. 40-46.
45. Teh T.H., Hemken R.W., Harmon R.J. Dietary magnesium oxide with sodium bicarbonate on cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 1985, 68: 881-890.
46. Tucker W.B., Harrison G.A. Hemken R.W. Influence of dietary cation-anion balance on milk, blood, urine and rumen fluid in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1988, 71: 346-354.
47. Tucker W.B., Hogue J.F. Influence of sodium chloride or potassium chloride on systemic acid-base status, milk yield, and mineral metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 1990, 73: 3485-3496.
48. Wang C., Beede D.K. Effects of diet magnesium on acid-base status and calcium metabolism of dry cows fed acidogenic salts. *J. Dairy Sci.* 1992, 75: 829-836.
49. West J.W., Coppock C.E., Nave D.H., Schelling G.T. Effects of potassium buffers on feed intake in lactating dairy cows and on rumen fermentation in vivo and in vitro. *J. Dairy Sci.* 1986, 69: 124-134.
50. West J.W., Coppock C.E., Nave D.H., Labore J.M., Greene L.W. Effects of potassium carbonate and sodium bicarbonate on rumen function in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 1987, 70: 81- 92.
51. West J.W., Coppock C.E., Milam K.Z., Nave D.H., Labore J.M. Potassium carbonate as a potassium source and dietary buffer for lactating cows during hot weather. *J. Dairy Sci.* 1987, 70: 309-318.
52. West J.W., Haydon K.D., Mullinix B.G., Sandifer T.G. Dietary cation-anion balance and cation source effects on production and acidbase status of heat-stressed cows. *J. Dairy Sci.* 1992, 75: 2776-2784.

Prophylaxis of rumen acidosis in lactating cows using buffer feed additives

¹Kryukov V.S., ²Zinov'ev S.V.

¹ООО «Natur-Tek», Gatchina Leningrad oblast, ²Institute for Poultry Processing Industry, pos. Rzhavki, Moscow oblast, Russian Federation

ABSTRACT. The aim is systematization of the results of research on the prevention of sub-clinical rumen acidosis (SRA) in cows with the use of feed buffer additives. Subclinical SRA in high-yielding cows is widespread. The losses from SRA in USA are on average about 1.12 USD/cow/day, so the use of feed additives for the prevention of SRA has become the standard practice. Sodium bicarbonate, magnesium oxide and mixtures of various substances are usually used. Sodium bicarbonate is a natural substance found in the saliva, it enters into the rumen in a large quantity, but at high level of feeding, this quantity is not sufficient to maintain optimal pH in rumen content. The range of amounts of saliva produced is wide enough (5 to 10 liters per 1 kg of dry matter consumed) that directly affect the physiology of the digestion. By normal secretion of saliva, approximately 3 kg of sodium bicarbonate and about 1 kg of sodium hydrogen phosphate is secreted into the rumen per day. When consumption of roughage, the quantity of saliva released is significantly more than when eating concentrate, so with the increase of the proportion of concentrates in the daily ration, there is a decrease in saliva secretion that contributes to the emergence of acidosis. Buffering agents maintain pH in a certain range, while the deoxidizing agents (neutralizers) increase the pH, depending on their concentration in the medium. For some substances, this action is limited by solubility which decreases with increasing pH. The maximum efficiency of the use of buffer additives is noted in the first 2-3 months of lactation in the following cases: 1) expected subclinical rumen acidosis, 2) corn silage and silage from other cereals represent the bulk of roughage, 3) roughage is finely shredded, 4) mixed balanced ration has a moisture content 55-60%, 5) low content of crude fiber in ration, 6) level of concentrates in ration is above 50% and contains >35% of easily fermentable sugars, 7) low fat milk, 8) weak rumination, 9) problems with limbs, 10) high ambient temperature. In reality, it is difficult to find a herd in which one or more of these factors would be not present in various combinations, which generally predetermined the widespread use of buffer additives. Recommended doses of buffer feed additives comprise 0.8-1.6% by weight of feed dry matter. In applying the buffer additives, it is necessary to control the magnitude of the anion-cation balance, which is calculated according to the content of basic anions and cations in ration, and pH of urine is determined with the aim of control. Despite extensive international experience in this field, the study continues of the influence of substances having buffer properties, since the use of buffer additives in practice is not always effective. This indicates the complexity of the problem, in particular, due to the variety of conditions of feeding and housing of animals.

Keywords: prophylaxis of rumen acidosis, buffer feed additives, scavengers, acid-binding capacity of feed, sodium bicarbonate, magnesium oxide

Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh - Problems of Productive Animal Biology, 2017, 1: 54-68

Поступило в редакцию: 27.01.2016

Получено после доработки: 20.02.2017

Крюков Валерий Сергеевич, д.б.н., проф., т. +7 (926)532-40-70; kryukov.v.s@mail.ru;
Зиновьев Сергей Владимирович, к.с.-х.н., с.н.с., т. +7 (920)733-46-13; neollit_13@mail.ru