



Для профилактики ацидоза широко применяются недорогие и доступные буферные добавки. Узнать о том, являются ли данные добавки безопасными, какие из них наиболее эффективны в том или ином случае, а также выбрать подходящий способ борьбы с ацидозом поможет представленная статья.

АЦИДОЗ РУБЦА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН СПОСОБСТВУЕТ ПРАВИЛЬНОМУ ЛЕЧЕНИЮ И ПРОФИЛАКТИКЕ

Причины и механизм развития ацидоза

При неправильном кормлении крупного рогатого скота в организме животных происходят метаболические изменения, вызывающие развитие заболеваний различной степени сложности и лечебного прогноза: маститов, эндометритов, гнойно-некротических поражений копыт.

Основным источником питательных веществ, которые впоследствии становятся продуцентами и предшественниками, участвующими в синтезе молока, является микрофлора в рубце животного. Основные параметрические физиологические характеристики рубца животных следующие: размер – 100–150 л; температура – 39 °С; газообразование – 30–50 л/ч; количество бактерий – 5×10^9 мл⁻¹; простейших – 5×10^5 мл⁻¹; грибов – 5×10^4 мл⁻¹; рН – 6,2–7,2; количество руминаций за 2 мин – 2–4. Слюноотделение у коровы в норме составляет 100–150 л/сутки.

Все микроорганизмы, находящиеся в рубце, участвуют в эволюционно сложившемся процессе брожения трудно- и легкоперевариваемых углеводов, высвобождая необходимую для организма животного энергию, газы (метан – CH_4 и двуокись углерода – CO_2), тепло и кислоты. При этом более 95 % кислот, образующихся в процессе брожения в рубце, составляют летучие жирные кислоты (ЛЖК): уксусная (уксус), пропионовая

и масляная. Кроме того, при сбраживании аминокислот происходит образование некоторых так называемых изокилот, которые используются бактериями для роста и размножения, т.е. для синтеза протеина. Значительная часть газов удаляется из рубца во время отрыжки, тепло, выделяемое в процессе брожения, рассеивается по организму, а продукты микробной ферментации всасываются через стенку рубца.

На современных молочно-товарных комплексах часто происходит нарушение технологии кормления животных, вызванное:

- высоким содержанием в рационе легкоперевариваемых углеводов;
- большим количеством концентратов в корме;
- быстрым переходом от объемистых кормов к концентрированным;
- резким переходом от силоса к кормам с высоким содержанием зеленой массы;
- низким содержанием клетчатки в рационе;
- высоким содержанием влаги и глубокой ферментацией корма;
- чрезмерным измельчением корма;
- длительным перемешиванием корма в кормосмесителе;
- наличием в корме микотоксинов.

Указанное нарушение является причиной развития ацидоза у жвачных.

Каждая из перечисленных причин нарушения технологии кормления может спрово-





воцировать развитие данной патологии. Однако наиболее распространенной причиной возникновения ацидоза в настоящее время является избыточное содержание в корме легкоперевариваемых углеводов (крахмала и сахара). Переизбыток в корме данных веществ стимулирует рост и размножение бактерий (например, *Streptococcus bovis* и *Lactobacillus spp.*), которые в процессе своей жизнедеятельности вырабатывают большое количество молочной кислоты. В этом случае те бактерии, которые утилизируют избыточное количество молочной кислоты (например, *Megasphaera elsdenii*, *Propionibacterium spp.*), не могут жить и размножаться, так как данная кислота значительно изменяет параметры pH рубца (его уровень становится ниже 6,0). При этом происходит нарушение рубцовой экосистемы, поскольку молочная кислота примерно в 10 раз сильнее всех вместе взятых кислот рубца. Бактерии, которые ферментируют трудноперевариваемые углеводы (пектин, целлюлозу, грубые волокна корма), начинают погибать, происходит угнетение рубцового пищеварения.

Накопление молочной кислоты в рубце вызывает также приток воды из тканей в кишечник (регидратацию тканей), и начинает развиваться второй признак ацидоза – диарея. Если pH падает до уровня ниже 5,5, то накопившаяся в рубце молочная кислота, проникая в кровь, снижает pH крови. Под действием молочной кислоты изъязвляются слизистый и сосочковый слои стенки рубца, появляются язвы, в результате чего бактерии, содержащиеся в рубце, проникают в кровь, а они, в свою очередь, оседая в клетках печени, вызывают формирование абсцессов. Производимые бактериями эндотоксины оказывают воздействие на кровеносные капилляры, капилляры микроциркуляторного русла копыта животного, и в участках наибольшей функциональной нагрузки развиваются следующие патологии: ламинит, заболевание печени, эндометрит, мастит. Если pH рубца продолжает падать, может наступить гибель животного.

Признаки ацидоза

В организме животных ацидоз может проявляться по-разному. Однако исходя из некоторых изменений можно достоверно определить наличие данной патологии в стаде. Таким образом, общими симптомами ацидоза являются:

- снижение уровня жирности молока (<3,3–3,0 %);
- наличие в стаде большого количества гнойно-некротических поражений копыт, ламинита (20–70 %);
- снижение поедаемости корма (уменьшение количества жвачки, руминаторных актов, увеличение периода времени между подходами животных к кормовому столу);
- диарея;
- абсцессы в печени, обнаруживаемые при вскрытии на мясокомбинате;
- низкий уровень pH рубца (<5,8) у 30–50 % животных. Для измерения pH рубца с помощью pH-метра из него шприцем берется содержимое.



Верным признаком ацидоза является снижение жирности молока, так как конечные продукты ферментации грубых кормов считаются основным источником компонентов, необходимых для синтеза молочного жира.

Падение уровня жирности молока до 2,8–2,7 % чаще всего неразрывно связано со значительным поражением животных ламинитом и гнойно-некротическими абсцессами на дистальных участках конечностей.

Выбор буферных систем для профилактики ацидоза

В целях предотвращения данной патологии следует проводить комплекс мероприятий, направленных на выяснение и устранение причин возникновения ацидоза рубца. Для этого можно использовать специализированные буферные добавки, стимулирующие слюнообразование и слюноотделение, однако их применение необходимо строго контролировать.



Для профилактики ацидоза высокопродуктивных коров в течение ряда лет применяются различные буферные системы. Основным критерием эффективности буферной системы является прежде всего водорастворимость, так как именно этот показатель необходим для взаимодействия с кислотами. Наибольшее предпочтение следует отдавать буферным системам, которые не вызывают резких смещений рН, предотвращая образование нейтрализующих уровней рН.

Угольная кислота и углекислый газ, находящиеся в рубце и крови животного, диссоциируют. В крови устанавливается следующее равновесие: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$. Необходимо отметить, что углекислый газ (CO_2) образуется в клетках организма животного в результате реакций окисления и декарбоксилирования (главным образом, в цикле образования лимонной кислоты). Организм постоянно удаляет CO_2 , так как при избытке углекислого газа происходит закисление среды, т.е. развивается метаболический ацидоз, происходящий в крови. Положения данных равновесий таковы, что на 800 частей CO_2 , растворенных в воде, приходится одна часть угольной кислоты (H_2CO_3) и 0,03 части аниона (HCO_3^-). Образующиеся ионы H^+ могут нарушать кислотно-щелочной баланс.

Для того чтобы этого не происходило, в организме находятся буферные системы, состоящие из бикарбоната, гемоглобина, белков и фосфатов.

Соотношение элементов буферной системы организма представлено в следующей таблице:

Системные элементы	Содержание (%)
Бикарбонатная система	
Бикарбонаты плазмы	35
Бикарбонаты эритроцитов	18
Общее количество элементов системы	53
Небикарбонатная система	
Гемоглобин (в эритроцитах)	35
Белки плазмы	7
Органические фосфаты (в эритроцитах)	3
Неорганические фосфаты (в эритроцитах и плазме)	2
Общее количество элементов системы	47

Чаще всего в качестве буферных систем в животноводстве развитых стран применяются следующие: карбонат натрия, карбонат калия, оксид магния, гидроксид натрия, гидроксид калия. Бентонит натрия также используется в качестве буферной системы, однако он не имеет свойств, характерных для истинных буферных систем, так как обладает низкой растворимостью в воде (является сорбентом).

Рассмотрим преимущества и недостатки наиболее распространенных буферных систем.

Бикарбонат натрия (сода) используется в рационах молочного и мясного скота в качестве одной из самых доступных буферных добавок в странах с развитым животноводством. Однако, несмотря на то, что добавление бикарбоната натрия в рацион для молочных коров широко распространено, оптимальные уровни (нормы и способы) внесения соды в рацион различных групп животных отсутствуют. Кроме того, данная добавка является небезопасной и может вызвать развитие серьезных нарушений в организме животного.

Бикарбонат натрия, поступающий извне, действует таким же образом, как и эндогенный бикарбонат натрия, выделяемый со слюной животного. Оптимальный диапазон рН среды, при которой работает бикарбонат, составляет 6,2–6,5. Однако при рН среды ниже 6,0 буферная емкость соды снижается.



Наиболее безопасная суточная норма соды в рационе не должна превышать 200–300 г на голову, но только при условии преобладания в рационе кукурузного силоса.

Оптимальным рН для большинства бактерий (до 90 %), находящихся в рубце, является рН, равный 6,2–7,4. Показатель рН ниже 6,0 свидетельствует о наличии ацидоза рубца. Резкое смещение рН рубца на 0,2 единицы в любую из сторон (кислую или щелочную), которое может произойти при неправильном добавлении соды в рацион животных, приводит на непродолжительное время к полной остановке роста и размножения бактерий, т.е. к замедлению процессов рубцового пищеварения.





Соду необходимо полностью исключить из рациона животных при смене кормов, т.е. смене рациона, или при переходе на новую силосную или сенажную яму.

Использование бикарбоната натрия в роли антацида при взаимодействии с кислотами, содержащимися в рубце, сопровождается образованием углекислого газа, который провоцирует ряд физиологических изменений. Антациды (например, сода) очень часто вызывают кислотный рикошет – повышение кислотопродукции в рубце после окончания действия препарата.

Что происходит при попадании бикарбоната натрия в организм животных? Сода (NaHCO_3) при взаимодействии с кислотами образует ацетат натрия, бутират натрия, лактат натрия, пропионат натрия, а также угольную кислоту (H_2CO_3), воду (H_2O) и углекислый газ (CO_2). Данные натриевые соли органических кислот применяются в пищевой промышленности в качестве консервантов продуктов питания (E262, E281, E325), т.е. еще больше угнетают микрофлору. Бутират натрия (натриевая соль масляной кислоты) является наркотическим веществом, которое используется в анестезиологии в качестве наркотического средства и для усиления эффекта обезболивающих препаратов. Все перечисленные натриевые соли органических кислот обладают разнонаправленными эффектами – как положительным, так и отрицательным.

Таким образом, кислотно-основной баланс организма зависит от концентрации сопряженных оснований и кислот и их соотношения, что определяется рН внутренней среды.

Нормальное значение рН крови и жидкостей тела составляет $7,4 \pm 0,03$, предельные значения рН крови – 6,8–7,7. Соответствующая равновесная эффективная концентрация CO_2 в растворе равна 1,2 мМ. Нормальная концентрация HCO_3^- в плазме составляет 24 ± 2 мМ. Содержание углекислого газа (мл) на 100 мл плазмы крови называется резервной щелочно-

стью. В норме данная величина составляет $55 \pm 0,02$ мл.

В физиологических условиях в легких устанавливается стационарное состояние, в котором количество образуемого CO_2 равно количеству выделяемого. В патологических состояниях данный баланс может нарушаться, что вызывает изменения концентрации H^+ в крови. Это нарушение называется ацидемией (при снижении рН) или алкаемией (при повышении рН). Нарушения функции организма, приводящие к отклонениям в содержании анионов кислот в крови, называются ацидозом или алкалозом. При дополнительном введении в организм соды указанное равновесие нарушается за счет образования избыточного количества CO_2 .

Что происходит со второй частью соды (с натрием)? Натрий – это основной катион внеклеточной жидкости, регулирующий объем плазмы, кислотно-щелочное равновесие, функцию нервов и мышц, Na^+/K^+ -АТФазы. Перемещение натрия в клетки или потеря натрия организмом приводит к снижению объема внеклеточной жидкости. Кроме того, натрий участвует в активном перемещении глюкозы и аминокислот внутрь клеток организма с одновременным проникновением в них ионов натрия (котранспорте). Создается необходимый градиент концентрации ионов натрия, который необходим для сопряженного входа натрия и глюкозы. Ионы натрия транспортируются по градиенту концентрации, стимулируя переносчик к транспорту глюкозы против указанного градиента. Калий в этот момент, наоборот, выходит из клеток. Проводимость натриевого канала в отношении всех проникающих катионов значительно уменьшается при снижении рН (ацидозах). Как было отмечено выше, натрий формирует защелачивающую карбонатную и фосфатную системы слюны, являющиеся физиологически сложившимися и основными у жвачных животных. Данные системы направлены на снижение кислотности, формирующейся при рубцовом пищеварении.



При попадании слюны в рубец происходит следующая реакция: $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+ \leftrightarrow \leftrightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O}$ и $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$. При недостатке натрия буферная емкость слюны падает.

Источником натрия для организма является кормовая соль. Данный компонент является обязательным в рационах для стельных сухостойных коров (не менее 30 г на голову в сутки), а в период лактации потребность животных в поваренной соли увеличивается. При откорме коров ежедневная норма соли составляет 55–60 г.



Избыток соли в рационах у крупного рогатого скота приводит к расстройству пищеварения, ткани обедняются водой, наступает солевое отравление, поэтому скармливать корове большое количество соли в качестве основного источника натрия нельзя.

Таким источником также выступает бикарбонат натрия, однако он не является единственным и лучшим, так как добавление соды к рациону напрямую влияет на рубцовую микрофлору.

Оксид магния классифицируется как медленный антацидный агент из-за его неопределенной константы равновесия кислотно-основных реакций (рКа) и относительной нерастворимости в воде, зависящей от размера частиц (Dr. Rich A. Erdman, 1988). Вместе с тем имеются данные о том, что оксид магния эффективнее, чем сода, повышает рН рубца и процент жирности молока. Норма ввода оксида магния составляет от 0,4 % до 0,8 % сухого вещества корма животных. Буферная емкость оксида магния в 4 раза выше буферной емкости бикарбоната натрия. Так как животные не имеют возможности запастись ионами магния в своем организме, то его введение в рацион эффективно препятствует стрессу, способствует повышению устойчивости к инфекционным заболеваниям, особенно в зимний период.

Карбонат кальция (известняк, кормовой мел) имеет самый низкий показатель

буферной емкости из-за слабой растворимости в воде. Кормовой мел наиболее эффективен при значении рН, равном 4,5–5,5. Применение кормового мела в качестве основного источника кальция является нецелесообразным, так как кальций, который содержится в кормовом меле, биологически доступен для организма животного лишь на 5–10 %.



Предпочтение в профилактике ацидоза необходимо отдавать тем средствам, которые являются наиболее безопасными для животного и не приводят к неконтролируемым изменениям и последствиям в эволюционно сложившейся экосистеме рубца коровы: высококачественному сену, соломенной резке. Для быстрого восстановления баланса в соотношении микроорганизмов рубца следует применять пробиотические добавки на основе сенной палочки, способной расщеплять клетчатку (*Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*), являющиеся к тому же антагонистами болезнетворных бактерий, в т.ч. ацидоз-образующих.

Исходя из вышеизложенного, практичным ветеринарным специалистам с целью профилактики ацидоза можно рекомендовать следующие витаминно-минеральные добавки:

- Риндавит ТМР 51 (содержит в своем составе сбалансированное количество карбоната кальция, хлорида натрия, оксида магния, монокальция фосфата, а также необходимое для лактирующих коров количество витаминов D3 (40 000 IU), А (400 000 IU), Е (3000 мг)). Норма ввода – 200 г в сутки каждой корове;
- Риндавит АСС-КО (содержит ту же буферную систему, что и Риндавит ТМР 51, которая может эффективно защитить рубец коровы от ацидоза в критической фазе лактации при раздое (0–30 дней и до 60 дней после растела) и при рационе с недостатком



БОЛЕЗНИ. ДИАГНОСТИКА И ЛЕЧЕНИЕ



структурной клетчатки, а также дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*). Норма ввода – 200 г в сутки каждой корове;

- Биорост (в 1,0 г добавки содержатся не менее 10⁹ микробных клеток бактерий

Bacillus licheniformis и *Bacillus subtilis* и продукты их метаболизма (аминокислоты, низкомолекулярные белки, антимикробные субстанции широкого спектра действия)). **ВД**

*Артем Лемши, заведующий отделом молекулярной биологии,
канд. вет. наук РУП "Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского"*