

## Общие вопросы изучения катионно-анионного баланса в рационах молочных коров

Новгородова И.П., Логвинова Т.И.

ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста,  
Московская обл., Россия

**Аннотация.** В обзоре представлен анализ литературных данных по изучению катионно-анионного баланса (КАБ) в рационах коров. Исследования, связанные с влиянием различных рационов на состояние и продуктивность коров является актуальной. Показатель КАБ определяет соотношение в кормах некоторых ионов, к основным из которых относятся натрий ( $\text{Na}^+$ ), калий ( $\text{K}^+$ ), хлориды ( $\text{Cl}^-$ ) и сульфаты ( $\text{SO}_4^-$ ). При составлении рационов необходимо проводить оценку содержания в них макро- и микроминералов. Очень важным критерием в животноводческих хозяйствах является проведение специалистами по кормлению лабораторного анализа рационов с целью отнесения их к щелочным или кислотным в определенный физиологический период животного (сухостойный период, отел, лактация). Многочисленные исследования, проведенные учеными, свидетельствуют о целесообразности использования рационов с разным составом в зависимости от физиологического состояния, времени года, климата и т.д. Рационы с более высоким катионно-анионным составом помогает устранять проблемы, возникающие в переходный период такие как смещение сычуга, сокращение жвачной активности, раздражение стенок рубца и снижение потребления корма, понижение показателей жира молока. В начале лактации коровам необходимо скармливать буферные вещества для оптимальной работы рубца и повышения КАБ. При скармливании этих веществ поднимается уровень КАБ, способствующий нейтрализации ацидоза и сопутствующих ему проблем. Отмечено положительное влияние КАБ на молочную продуктивность у коров. Таким образом, регулирование катионно-анионного баланса в зависимости от физиологического состояния животного необходимо учитывать для повышения эффективности животноводства и оптимизации процессов кормления.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, коровы, рацион, катионно-анионный баланс (КАБ), ацидоз, гипокальциемия.

**Для цитирования:** Новгородова И.П., Логвинова Т.И. Общие вопросы изучения катионно-анионного баланса в рационах молочных коров // Успехи наук о животных. 2026. № 2. С. 70–81. doi: 10.25687/3034-493X.2026.7.2.005

## General issues of studying the cation-anion balance in the diets of dairy cows

I.P. Novgorodova, T.I. Logvinova

L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry  
Moscow Region, Russia

**Abstract.** The review presents an analysis of the literature data on the study of cation-anion balance (CAB) in the diets of cows. Research related to the influence of different diets on the condition and productivity of cows is relevant. The CAB indicator determines the ratio of certain ions in the feed, the main ones being sodium ( $\text{Na}^+$ ), potassium ( $\text{K}^+$ ), chlorides ( $\text{Cl}^-$ ), and sulfates ( $\text{SO}_4^-$ ). When compiling rations, it is necessary to assess the content of macro- and micronutrients in them. A very important criterion in livestock farms is the conduct of laboratory analysis of diets by feeding specialists in order to classify them as alkaline or acidic in a certain physiological period of the animal (dry period, calving, lactation). Numerous studies conducted by scientists indicate the advisability of using diets with different compositions depending on the physiological state, season, climate, etc. Diets with a higher cationic-anionic composition help to eliminate problems that arise during the transition period such as rennet displacement, reduction of ruminant activity, irritation of the scar walls and a decrease in feed consumption, and a decrease in milk fat indicators. At the beginning of lactation, cows need to be fed buffer substances for optimal rumen function and increased CAB. Feeding buffer substances increases the level of CAB, which helps to neutralize acidosis and related problems. CAB has been shown to have a positive effect on milk production in cows. Therefore, it is necessary to consider the regulation of the cation-anion balance depending on the physiological state of the animal in order to improve the efficiency of animal husbandry and optimize feeding processes.

**Keywords:** cattle, cows, dietary cation-anion balance (DCAB), acidosis, hypocalcemia.

**For citation:** Novgorodova I.P., Logvinova T.I. General issues of studying the cation-anion balance in the diets of dairy cows. Ernst Journal of Animal Science. 2026. 2: 70–81. Russian. doi: 10.25687/3034-493X.2026.7.2.005

**Введение.** В настоящее время генетический потенциал коров способствует повышению молочной продуктивности, поэтому необходимо обеспечивать поголовье высококачественными кормами с кормовыми добавками. Такие добавки позволяют повысить не только продуктивность животных, но и избежать многих метаболических заболеваний, улучшить показатели репродуктивности, а также состояние здоровья за счет того, что они содержат незаменимые ингредиенты, защищающие от распада в рубце, пробиотики и другие компоненты [1-3]. Необходимо учитывать тот факт, что рациональное использование кормовых добавок для кормления крупного рогатого скота также может способствовать долголетию [4-6].

Помимо энергетического, белкового, углеводного и жирового обмена минеральный баланс имеет большое значение для здоровья и продуктивности молочных коров. Особую роль в оценке минерального обмена играет отношение «положительных и отрицательных ионов». В переходный период молочные коровы испытывают ряд физиологических проблем таких как энергетический или минеральный дисбаланс, воспаление, окислительный стресс, а также эндокринную и метаболическую адаптацию [7, 8]. В предродовой период животное наиболее восприимчиво, так как именно в это время формируется продуктивность животных в последующий период лактации, происходят послеродовые физиологические изменения, зачастую сопровождающиеся ацидозом, кетозом, гипокальциемией, задержкой плаценты, смещением сычуга и метритами [9, 10].

Частота возникновения этих заболеваний может существенно повлиять на рентабельность молочного производства за счет снижения удоев, увеличение затрат на ветеринарные мероприятия, сокращение продолжительности жизни коров. Понимание метаболических изменений, происходящих у коров в этот период, имеет решающее значение для разработки стратегий питания и содержания с целью минимизации проблем со здоровьем и повышения рентабельности. Для оценки этих взаимосвязей очень важно изучать соотношение катионов и анионов в кормовом рационе, определяемом как диетический баланс катионов-анионов (ДБКА) или катионно-анионный баланс корма (КАБК) [11]. Сбалансированность рационов до отела и после отела по КАБ позволит снизить частоту встречаемости молочной лихорадки, улучшить последующую продуктивность коров, качество молока, которые напрямую зависят от здоровья и метаболических процессов в организме животных [12].

**Целью** обзора является анализ литературных данных об изучении катионно-анионного баланса (КАБ) рационов у коров.

**Материалы и методы.** Для работы был проведен поиск российской и зарубежной литературы за последние 15 лет. Были применены аналитические методы сбора информации, связанные с вопросами катионно-анионного баланса у крупного рогатого скота. Анализ был проведен с помощью базы данных электронных библиотек и ресурсов: Scopus, Web of Science, Elibrary, PubMed, ScienceDirect, Nation Library of Medicine, SpringerLink, Wiley online Library, ResearchGate, CyberLeninka, а также поисковых систем: Yandex и Google. Поиск осуществляли по ключевым словам: крупный рогатый скот, коровы, рацион, катионно-анионный баланс (КАБ), ацидоз, гипокальциемия. В ходе поисковой работы использовали 70 источников, в том числе 11 из отечественной литературы. Материалы были представлены научными коллективами из Российской Федерации, Беларуси, Нидерландов, Китая, Колумбии, Канады и других стран.

**Результаты и обсуждение.**

**Катионно-анионный баланс в рационах коров.** На связь минералов с кислотно-щелочным балансом впервые обратили внимание в 1922 г А.Т. Shohl и А. Sato (1922). Было выдвинуто предположение, что «потребление одних веществ в количествах, превышающих

содержание других, вызывает нарушение кислотно-щелочного баланса». Комплексный подход к кислотно-щелочному балансу был предложен в 1981 году канадским физиологом Р.А. Stewart [8]. Определение КАБ рациона помогает специалистам по кормлению и ветеринарным врачам оценивать влияние рациона на кислотно-щелочной статус организма животного [13]. Особое внимание отводится вопросам кормления коров на последней фазе в сухостойный период и расчету уровня потребления сухого вещества, а также контролю ввода анионных добавок. Перед отелом включение в рацион анионных солей может усугубить ситуацию за счет снижения потребления сухого вещества и нарушения обмена веществ в организме животных [14]. Изучение влияния КАБ на обмен веществ у коров является актуальной темой, несмотря на то, что на протяжении более чем 60 лет для кормления животных используют органические кислоты, интерес к этой теме в животноводстве не уменьшается. В последнее время на рынке кормов многие фирмы предлагают использовать различные соли, использование которых необходимо контролировать с учетом лабораторного анализа используемого рациона в хозяйстве и физиологического состояния коров.

При составлении рационов для сельскохозяйственных животных необходимо в первую очередь определить содержание микроэлементов в кормах и их питательность. КАБ является важным показателем при составлении рационов и зависит от возраста и продуктивности животных. Расчет рационов проводится в основном по содержанию таких катионов как натрий ( $\text{Na}^+$ ) и калий ( $\text{K}^+$ ), а анионов - хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) и сульфатов ( $\text{SO}_4^-$ ). В некоторых формулах для расчета КАБ используют в качестве катионов аммоний, кальций, магний, а анионов - нитраты и фосфаты. Недостаток или избыток катионов и анионов в кормах вызывает нарушение обмена веществ, развитие заболеваний и в конечном итоге приводит к потере продуктивности животных [9, 15].

Анализ кормов необходимо проводить для того, чтобы понимать к анионному или катионному он относится. Для этой цели используют формулы, позволяющие измерять кислотно-щелочной или катионно-анионный баланс, определяемый как разница между суммарными значениями катионов и анионов в рационе в миллиэквивалентах (мэкв) на 100 г корма и имеющий положительное или отрицательное значение. При расчете формул часто учитывают молекулярные массы элементов и их валентности [9].

Наиболее часто используемой для крупного рогатого скота является следующая:

$$\text{КАБ} = (\text{Na} + \text{K}) - (\text{Cl} + \text{S}) \text{ [8]}$$

Эти показатели указывают на то, что рацион щелочной (больше катионов) или кислый (больше анионов). При этом, необходимо учитывать, что за 3 недели до отелов правильным считается анионный рацион с отрицательным значением (от -1 до -6 мэкв на 100 г). Стоит отметить, что эта величина отражает баланс электрических зарядов ионов нормируемых веществ, не принимая во внимание биологическую роль каждого из элементов [16].

Стоит учитывать, что результаты подсчета рационов по различным формулам могут значительно отличаться. Например, В.С. Крюков с коллегами (2011, 2018) предположили, что «при расчёте КАБ трёх рационов по формуле:  $\text{Na} + \text{K} - \text{Cl}$  получается 98,1, 185,8 и 270,2 мэкв/кг, тогда как для этих же рационов величины, рассчитанные по формуле  $\text{Na} + \text{K} - \text{Cl} - \text{S}$ , равнялись 6,5, 92,5 и 90,9 мэкв/кг, соответственно [17, 18]. Немаловажным является и тот факт, что расчет КАБ может проводиться из расчета на 100 г или 1 кг корма (в зарубежной литературе на 1 фунт). Необходимо учитывать, что расчет по некоторым формулам требует проведения дополнительных анализов кормов на содержание кальция, магния и фосфора.

Снижение катионно-анионного баланса кормов проявляется увеличением количества анионов в рационе и/или снижением количества катионов и влияет на общий

минеральный обмен животных и может вызвать у крупного рогатого скота нарушение ферментации рубца, ацидозы, алкалозы, родильный парез, остеопороз. Развитие этих патологий приводит к снижению продуктивности и ухудшению ее качества, уменьшению продолжительности хозяйственного использования [12, 19, 20].

В настоящее время, согласно литературным данным для определения катионно-анионного состава кормов ряд ученых применяют капиллярный электрофорез, позволяющий идентифицировать весь исследуемый состав в одной пробе за один анализ. Так, Т.В. Калюжная и Д.А. Орлова Д.А. (2022) провели исследования по количественному определению и анализу катионно-анионного состава кормов для продуктивных животных методом капиллярного электрофореза. В качестве материалов исследований авторы использовали образцы различных кормов для продуктивных животных (травяная мука, жмых, комбикорма для КРС). Было установлено, что во всех пробах кормов для продуктивных животных массовая доля катионов и анионов варьировала в зависимости от вида корма [15].

Рационы с отрицательным катионно-анионным балансом позволяют сохранить здоровье коров в сухостойный период, снизить количество случаев гипокальциемии, а также заболеваний воспроизводительной системы после отела и повысить их продуктивность [21, 22]. В ходе многочисленных исследований было выявлено, что добавление анионных солей в рацион перед отелом коров стабилизирует гомеостаз кальция и улучшает послеродовую продуктивность, но снижает его потребление до отела [23, 24]. Например, E. Charbonneau с коллегами (2006) показали, что снижение разницы между катионами и анионами в рационе на 300 мэкв/кг снижало потребление сухого вещества на 1,3 кг/сут у коров в предотельный период [25].

Использование анионных солей в кормлении коров в сухостойный период основывается на содержании в рационах меньшего количества натрия и калия относительно хлора и серы (отрицательный КАБ). Это позволяет повысить уровень кальция в крови перед отелом за счет увеличения его мобилизации из костей и/или усвоения в ответ на изменения в крови. В этот период очень важно оценивать количество потребленного корма, так как это может снизить уровень обменного кальция в организме, который очень важен в транзитный период [14].

Исследования многих авторов показали, что случаи возникновения послеродового пареза резко сокращаются или полностью исчезают, если сухостойные коровы получают рацион с отрицательным КАБ. Отрицательный КАБ способствует профилактике послеродовых парезов [14, 23, 24].

Хлорид является наиболее подкисляющим веществом по сравнению с сульфатами, при совместном применении их с кальцием и магнием наблюдается подщелачивающий эффект. Источники анионов от наименее к наиболее сильному распределяются следующим образом: соляная кислота, хлорид аммония, хлорид кальция, сульфат кальция, сульфат магния и сера. На поздней стадии стельности коров необходимо учитывать это свойство при использовании катионов и анионов в рационах [16]. Незащищенные соли зачастую имеют неприятный запах и вкус за счет хлора и скормливание таких солей требует использование ароматизаторов. Это в свою очередь увеличивает затраты на корма [14].

Анионно-катионный баланс очень важен для предотвращения или снижения риска молочной лихорадки после отела и, поэтому, учитывается при кормлении сухостойных коров, особенно за 14 дней до отела. При избытке катионов с увеличением КАБ рациона у животных возникает метаболический алкалоз и риск молочной лихорадки увеличивается. Низкие или отрицательные значения КАБ отражают избыток сильных анионов и это связано со сдвигом кислотно-щелочного баланса в сторону метаболического ацидоза.

Балансирование уровня КАБ позволяет предотвращать или снижать риск возникновения заболеваний коров в транзитный период у коров. За 3 недели до отела необходимо придерживаться отрицательного баланса катионов и анионов. При снижении КАБ наблюдается легкая степень ацидоза, закисление организма и проявляется положительный эффект на состояние животного перед отелом. Это в свою очередь позволяет мобилизовать кальций из костей, помогает предотвращать молочную лихорадку и улучшить иммунитет. В качестве рекомендаций в этот период предлагают использовать КАБ в рационе на уровне от -8 до -12 мэкв/100 г СВ на протяжении 14-21 дня. Для определения катионно-анионного состава корма необходимо проводить лабораторный анализ кормов и измерять pH мочи у коров. Мониторинг pH мочи является важным показателем кислотно-щелочного состояния организма, позволяющим проводить контроль эффективности добавления анионов в рационы до отела с целью предотвращения молочной лихорадки. При добавлении анионных солей закисление рациона наблюдается менее чем через 36 ч [26].

В сухостойный период у животных потребность в кальции является минимальной. В течение жизни коровы баланс кальция поддерживается посредством сложного взаимодействия витамина D и паратиреоидного гормона.

После отела необходимо восстанавливать положительный баланс катионов и анионов в рационе. При повышении уровня КАБ наблюдается накопление кальция в крови, так как при лактации происходит быстрый расход кальция на молоко. Положительный баланс увеличивает буферную емкость крови. Это необходимо для обеспечения высокой молочной продуктивности, мобилизации жира и т.д. Оптимальный КАБ после отела для молочных коров составляет от +35 до +45 мэкв/100 г СВ.

Необходимо учитывать время года и климат при составлении рационов, так как они влияют на КАБ и проводить корректировку с учетом физиологических стадий (перед отелом, после отела).

**Анионные и катионные соли, используемые при кормлении крупного рогатого скота.** В качестве анионов в кормлении сельскохозяйственных животных используют сернокислые соли кальция, магния, аммония, реже фосфорнокислые соли. Органические кислоты также как и анионогенные элементы (хлор, сульфат и фосфат) снижают pH корма и содержимого желудка. Их включение в рацион не приводит к изменению КАБ и ионы кислот не входят в формулы расчёта. Соли щелочных металлов органических кислот могут сдвигать КАБ в щелочную сторону, поскольку их катионы входят в формулы расчёта [27].

Анионные соли способствуют росту бактерий в рубце, поддержанию его функции, участвуют в обменных процессах, обеспечивающих животных незаменимыми аминокислотами, необходимыми для производства молока и других процессов. Эффективность анионных добавок оценивают перед отелом коров по pH мочи (от 5,5 до 6). [28, 29, 30, 31].

А. Razzaghi с другими исследователями (2012) изучали влияние КАБ на содержание минералов в плазме и моче, состояние здоровья и последующую лактацию у коров за 21 день до отела с концентрацией в рационе -100 КАБ или +100 КАБ. Было отмечено, что снижение КАБ в предродовой период снизило потребление сухого вещества, pH мочи и крови, концентрацию натрия и калия в моче и увеличило содержание кальция, магния, хлора и серы в плазме и моче. После отела в течение 60 дней использовали рацион с концентрацией КАБ +200 и +400. При кормлении +400 КАБ наблюдалось повышение жирности молока и общего содержания сухого вещества, pH мочи и крови, а также концентрации натрия и калия в моче, в то время как содержание кальция, фосфора, хлора и серы в моче снижалось [32]. Стоит отметить, что в исследовании не было отмечено случаев молочной лихорадки ни при одном типе кормления. При рационе с отрицательным

КАБ сокращалось время отделения последа. Таким образом, авторы пришли к выводу, что кормление коров с отрицательным КАБ рациона на поздней стадии стельности и положительным КАБ на ранней стадии лактации улучшают показатели продуктивности коров [33, 34].

Анализ рационов коров до и после родов в работе А.В. Сенько (2014) позволил выявить нарушение минерального питания, проявляющегося высоким положительным уровнем КАБ до родов в сухостойный период -368 мэкв/кг сухого вещества при рекомендуемом отрицательном уровне КАБ. По мнению автора, регуляция КАБ организма возможна только за счет действия сильных анионов хлора, серы и фосфора, при этом органические кислоты не влияют на анионную нагрузку организма [13].

Результаты исследований N. Martinez с коллегами (2018) позволили предположить, что улучшение уровня кальция в организме до отела может привести к снижению частоты эндометрита, тем самым уменьшая повреждение тканей, возникающих при этом заболевании [35].

J.E.P. Santos и соавторы (2019) при проведении метаанализа выявили, что при увеличении подкисления рационов в предотельный период у коров снижается частота развития метритов, задержка последов и других проблем. Авторы связали эти результаты с повышением концентрации общего кальция в сыворотке крови, соответственно, улучшением гомеостаза кальция в начале лактации [24].

K.T. Ryan с коллегами (2020) в своей работе определяли влияние предродового рациона с отрицательным КАБ при скармливании кальция в двух концентрациях на состояние матки коров в послеродовой период и динамику овуляции у многоплодных коров голштинской породы. Использование в кормлении более высокой концентрации кальция в рационе животных перед родами позволило улучшить репродуктивную функцию и иммунную функцию в послеродовом периоде за счет сокращения количества дней до первой овуляции. По данным исследователей у коров, получавших при кормлении рацион с отрицательным КАБ, наблюдалось улучшение эндометрия за счет снижения окислительного стресса, усиления иммунного ответа на родовую деятельность [30]. Полностью подкисленный рацион до родов, не обеспечивает достаточного содержания кальция в нем и может оказывать негативное влияние на репродуктивную функцию в послеродовом периоде. Результаты негативного влияния при использовании повышенного добавления кальция в рацион перед отелом и подавлением иммунитета было отмечено многими авторами [36], а также при кормлении с положительным КАБ рационом [37].

Использование анионных солей в кормлении крупного рогатого скота помогает стабилизировать метаболизм кальция за счет повышения его всасывания из корма в желудочно-кишечном тракте или повышения извлечения кальция из костей [28]. По данным Н.И. Астаховой и Н.В. Самбунова (2022) «у коров, получавших минеральную подкормку, наблюдалось более повышенное содержание кальция в плазме крови по сравнению с животными, не получавшими анионные соли, и, соответственно, была отмечена меньшая восприимчивость к молочной лихорадке». Авторы изучали целесообразность применения анионных солей в рационе коров в сухостойный период, провели анализ питательности рациона, молочной продуктивности и воспроизводительных показателей животных, а также проводили контроль pH мочи. Исследователи отмечали, что введение анионных солей в рацион коров в сухостойный период привело к увеличению удоя на 9,4% и повышение жира на 0,07%, а белка молока на 0,04%. Оплодотворение коров опытной группы наступало на 59 день после отела, в контрольной - на 73 день [38].

Наиболее важным периодом для стельных коров является неделя до и неделя после отела, так как в этот период происходят гормональные и энергетические изменения, которые приводят к значительному снижению потребления сухого вещества и затем к

отрицательному энергетическому балансу. Правильно подобранный рацион для кормления животных в этот период позволяет заложить основу продуктивности в предстоящую лактацию [29, 39, 40].

Отрицательный КАБ основывается на создании рациона с превышением количества анионов (хлора, серы) над катионами (натрий, калий). Рацион от -8 до -12 мэкв на 100 г или от -80 до -120 мэкв/кг позволяет мобилизовать перемещение кальция из костей в кровоток для создания более высокой концентрации кальция в крови и предотвратить клинические и субклинические нарушения при отеле.

Для профилактики субклинической гипокальциемии используют метод «метаболического ацидоза», который достигается кормлением рационом с отрицательным КАБ в течение 4 недель до отела [29, 41]. Это обеспечивается за счет подкисления рациона и эффективно снижает абсорбцию кальция в предродовой период и сопровождается поддержанием чувствительности к паратиреоидному гормону. При этом происходит мобилизация и абсорбция кальция в послеродовой период [29, 16, 42].

Снижение КАБ путем повышения кислотности рациона или использования анионных солей является эффективным и экономически выгодным способом профилактики гипокальциемии [43, 32]. Высокие концентрации анионных солей в рационе вызывают приток отрицательно заряженных ионов. Это приводит к повышению концентрации ионов водорода для поддержания электронейтральности. Повышенная концентрация ионов водорода вызывает лёгкий метаболический ацидоз [44, 45]. Предполагается, что кислотогенные рационы усиливают резорбцию костей, всасывание кальция в крови и кишечнике.

Распространенность субклинической гипокальциемии может поражать до 50-80% стада молочных коров [46, 47, 48, 49]. Достаточно часто субклиническая гипокальциемия проявляется на 2-й день после отела [50, 51] и ее распространенность на 7-8 день после родов может составлять 18,6% [49], а на пастбищах при более жарком климате даже доходить до 21,7-42,3% [52, 53]. Кроме того, субклиническая гипокальциемия является фактором риска развития других заболеваний [54, 51, 50], что приводит к значительным экономическим потерям в животноводстве [55].

Клиническую гипокальциемию определяют по концентрации общего кальция в сыворотке крови и признаками родового пареза [56, 57, 36, 44]. Это приводит к снижению надоев молока, низкой оплодотворяемости и экономическим потерям [58]. Рациональное использование рационов с учетом катионно-анионного баланса необходимо для умеренного метаболического ацидоза, о котором можно судить по pH мочи (от 6,0 до 6,8), который позволяет проводить контроль гипокальциемии у коров.

Исследования А.В. Сенько (2014), направленные на способы регулирования катионно-анионного баланса организма коров в предродовой и послеродовой период позволило установить механизмы его регуляции. При скармливании хлористого магния только третья часть магния абсорбируется в организме, а биодоступность хлора доходит до 95%. Это доказывает принцип электронейтральности, заключающийся в необходимости других катионов компенсировать ионы хлора, несущих отрицательный заряд. При корректировке рационов было выявлено, что наиболее часто встречались гипокальциемия и гипомagneмия и составляла до 60% случаев, кетозы 40%, а гиподистрофии около 23% [13].

К.М. Glosson с коллегами (2020) проводили кормление молочных коров в предродовой период ацидогенным рационом. Это позволило улучшить показатели ионизированного кальция через 24 ч, а общего кальция через 48 ч при сравнении с рационом с положительным КАБ и низким содержанием кальция [44]. Исследователи отметили, что

ацидогенный рацион перед отелом позволил улучшить кальциевый статус и состояние здоровья в послеродовой период [59, 60].

Период отела при этом является исключением, именно, поэтому, почти все коровы испытывают некоторую степень гипокальциемии в первые дни после отела. В послеродовой период снижение уровня кальция в крови проявляется за счет его выделения с молозивом. Было доказано, что общая потребность в кальции коров примерно в 12 раз превышает количество, содержащееся в плазме крови [61, 62, 63]. Кальций, поступающий из рациона во время отела, не покрывает его потребности и происходит его выведение из костей. При подкислении рациона происходит притяжение положительно заряженных ионов кальция (катионов) за счет отрицательно заряженных (анионов) и последующая их доставка в кровоток. У большинства коров наблюдается адаптация к повышенным потребностям в кальции за счёт увеличения абсорбции из рациона, мобилизации из костей и уменьшения экскреции с мочой [64, 65].

Нарушение катионно-анионного баланса в рационах коров перед отелами может пагубно влиять на их потомство. У телят, рожденных от коров с гипокальциемией, наблюдается более высокий риск развития диареи и респираторных инфекций [66, 8]. Можно предположить, что улучшение гомеостаза кальция у коров после отела путем снижения КАБ во время фазы раздоя может оказать положительное влияние на здоровье телят. Материнский метаболический ацидоз может повлиять на внутриутробное развитие телят, их здоровье и на показатели роста. Использование минеральных добавок в предродовой период приводит к повышению уровня иммуноглобулинов IgA и IgM в крови коров и у новорожденных телят [67].

Одним из методов профилактики гипокальциемии является использование анионных солей (хлоридов и сульфатов) в кормах животных, необходимых для профилактики гипокальциемии на молочных фермах и достижения успешного лактационного периода, а также снижения экономических потерь [16, 68, 69].

Согласно литературным данным, определение катионно-анионного состава кормов является необходимым условием формирования полноценного рациона, обеспечивающего потребность организма продуктивных животных в питательных веществах, что особенно важно в современных условиях интенсификации животноводства и развития сельского хозяйства [31, 70].

**Заключение.** Оптимизация процессов обмена веществ, регулирование процессов биохимических реакций в организме в зависимости от уровня продуктивности и физиологического состояния обеспечивает длительное использование продуктивных животных, а также повышает воспроизводительную способность, способствует рождению жизнеспособного молодняка, его хорошему росту и развитию. Таким образом, изучение катионно-анионного баланса открывает возможности для повышения эффективности животноводства и оптимизации процессов кормления. Анализ литературных данных показал, что изучение катионно-анионного баланса имеет значительные перспективы в области животноводства. Этот показатель отражает баланс электрических зарядов ионов в кормах и организме животных, влияя на кислотно-щелочной статус, обмен веществ, продуктивность и здоровье. В тоже время, необходимы дальнейшие исследования в этом направлении с учетом сложности взаимодействия между минералами и их влиянием на физиологические процессы у крупного рогатого скота.

## Литература

1. Callaway T.R., Edrington T.S., Anderson R.C., Nisbet D.J. Efficiency of the use of pre and probiotics for dairy cows // 3rd International Symposium of Dairy Cattle. 2019. P. 33 – 54. <https://doi.org/10.21005/asp.2020.19.4.01>.

2. Mobeen A., Riaz M., Raza S.H. et al. Effect of bypass fat supplementation on milk yield in lactating cows and buffaloes // *Pak. J. Agr. Sci.* 2019. Vol. 56 (3). P. 743 – 746. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/19.6954>.
3. Panchasara H.H., Chaudhari A.B., Patel D.A. et al. Effect of Herbal Galactagogue (Sanjivani biokseera) on Milk Yield and Milk Constituents in Lactating Kankrej Cattle at Organised Farm // *Ind. J. Vet. Sci. Biotech.* 2019. Vol. 15 (2). P. 39 – 41. <https://doi.org/10.21887/ijvsbt.15.2.10>.
4. Radzikowski D., Milczarek A., Janocha A. et al. Feed additives in the diet of high-producing dairy cows // *Acta Sci. Pol. Zootechnica.* 2020. Vol. 19 (4). P. 5 – 16. <https://doi.org/10.21005/asp.2020.19.4.01>.
5. Serrenho R.C., Bruinjé T.C., Morrison E.I. et al. Controlled trial of the effect of negative dietary cation-anion difference on postpartum health of dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2021a. Vol. 104. P. 6929 – 6943. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19389>.
6. Serrenho C., Morrison E.I., Pascottini O.B. et al. The effect of prepartum negative dietary cation-anion difference and serum calcium concentration on blood neutrophil function in the transition period of healthy dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2020. Vol. 103. P. 6200 – 6208. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-18012>.
7. Bernabucci U., Ronchi B., Lacetera N., Nardone A. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season // *J. Dairy Sci.* 2002. Vol. 85. P. 2173 – 2179. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74296-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74296-3).
8. Rajaeerad A., Ghorbani G.R., Khorvash M. et al. Low potassium diets with different levels of calcium in comparison with different anionic diets fed to prepartum dairy cows: Effects on sorting behaviour, total tract digestibility, energy metabolism, oxidative status and hormonal response // *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 2020. P.1 – 12. <https://doi.org/10.1111/jpn.13438>.
9. Тюрин О.А. Рекомендации по обеспечению оптимального уровня анионно-катионного баланса рациона в сухостойный период : [Электрон. ресурс]. 2016. 11 с. URL: <https://opnariiko.pf/assets/files/articles/261/turin-o-rekomendacii-po-dcad-minus.pdf?ysclid=mnojdvgv636210202> / (дата обращения: 10.04.2025).
10. Stefanska B., Sroka J., Katzer F., Golinski P., Nowak W. The effect of probiotics, phytobiotics and their combination as feed additives in the diet of dairy calves on performance, rumen fermentation and blood metabolites during the preweaning period // *Anim. Feed Sci. Tech.* 2020. 114738. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114738>.
11. Концепция баланса катионов-анионов в кормлении коров : [Электрон. ресурс]. 27.06.22. URL: <https://www.agroplem.ru/base/kontseptsiya-balansa-kationov-anionov-v-kormlenii-molochnykh-korov/?ysclid=mnoexsjvlb328503204> / (дата обращения: 02.04.2025).
12. Боголюбова Н.В., Колесник Н.С. Изменение показателей биохимического и клинического статуса крови коров при некоторых метаболических и хозяйственно-значимых нарушениях // *Успехи наук о животных.* 2025. № 4. С. 59 – 70. <https://doi.org/10.25687/3034-493X.2025.5.4.005>.
13. Сенько А.В. Способы регулирования катионно-анионного баланса организма коров // *Международ. вестн. ветеринарии.* 2014. № 4. С. 25 – 28.
14. Попов К. АнимэйтР: контроль катионно-анионного баланса рационов в транзитный период // *Животноводство России.* 2020. № 2. С. 56 – 58.
15. Калюжная Т.В., Орлова Д.А. Анализ катионно-анионного состава кормов // *Международ. вестн. ветеринарии.* 2022. № 3. С. 106 – 110. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2022.3.106>.
16. 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. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73275-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73275-0).
17. Крюков В.С., Зиновьев С.В. Взаимосвязь кислотосвязывающей способности и электролитного баланса кормов // *Перспективное свиноводство: Теория и практика.* 2011. № 5. С. 1 – 5.
18. Крюков В.С., Глебова И.В., Зиновьев С.В., Новикова О.Б. Управление кислотосвязывающей способностью и электролитным балансом в кормах для свиней // *Пробл. биологии продуктив. животных.* 2018. № 4. С. 87 – 97. <https://doi.org/10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2018.3.87-97>.

19. Il Y. et al. Changes in blood biochemical parameters in highly productive cows with ketosis // *Veterinary World*. 2024. Vol. 17. № 5. P. 1130 – 1138. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.1130-1138>.
20. Marutsova V., Lazarov L., Kavardzhiev P. Changes in lipid and mineral profiles in cows with subclinical and clinical ketosis // *Tradition & Modernity in Veterinary Medicine*. 2024. Vol. 9. № 1.
21. Макконохи Х., Мортенсен Т. DCAD рационы и микроминеральное кормление высокоудойных коров // *Животноводство России*. 2020. № 10. С. 40.
22. Hu W., Murphy M.R. Dietary cation-anion difference on performance and acid-base status of lactating dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2004. Vol. 87. P. 2222 – 2229. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70042-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70042-9).
23. Lean I.J., Santos J.E.P., Block E., Golder H.M. Effects of prepartum dietary cation-anion difference intake on production and health of dairy cows: A meta-analysis // *J. Dairy Sci.* 2019. Vol. 102 (3). P. 2103 – 2133. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14769>.
24. Santos J.E.P., Lean I.J., Golder H., Block E. Meta-analysis of the effects of prepartum dietary cation-anion difference on performance and health of dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2019. Vol. 102 (3). P. 2134 – 2154. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14628>.
25. Charbonneau E., Pellerin D., Oetzel G.R. Impact of lowering dietary cation-anion difference in nonlactating dairy cows: A meta-analysis // *J. Dairy Sci.* 2006. Vol. 89 (2). P. 537 – 548. [https://doi.org/10.3168/jdsc.S0022-0302\(06\)72116-6](https://doi.org/10.3168/jdsc.S0022-0302(06)72116-6).
26. <https://feedconsult.ru/articles/5-voprosov-o-kationno-anionnom-balanse/?ysclid=mpfoip5x7o508165548>.
27. Kienzle E. Ernährung und Urolithiasis bei Haussuetieren // *Ubers. Tierernahrung*. 1991. Vol. 19. P. 157 – 200.
28. Блок Э. 5 вопросов о катионно-анионном балансе (КАБ) // *Аграр. наука*. 2020. № 10. С. 24. [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_44346664\\_64121072.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44346664_64121072.pdf).
29. Попов К. Роль анионных солей в профилактике послеродовых заболеваний у коров // *Комбикорма*. 2020. № 9. С. 94 – 95.
30. Ryan K.T., Guadagnin A.R., Glosson K.M. et al. Increased dietary calcium inclusion in fully acidified prepartum diets improved postpartum uterine health and fertility when fed to Holstein cows // *Theriogenology*. 2020. P. 142. 338e347. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.10.014>.
31. Wang Z., Yang D.S., Li X.Y. et al. Modulation of rumen fermentation and microbial community through increasing dietary cation–anion difference in Chinese Holstein dairy cows under heat stress conditions // *J. of Applied Microbiology*. 2020. Vol. 130 (3). P. 722 – 735. <https://doi.org/10.1111/jam.14812>.
32. Razzaghi A., Aliarabi H., Tabatabaei M.M. et al. Effect of dietary cationanion difference during prepartum and postpartum periods on performance, blood and urine minerals status of Holstein dairy cow // *Asian. Austral. J. Anim.* 2012. Vol. 25 (4). P. 486 – 495. <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.11325>.
33. Serrenho C., Bruinje T.C., Morrison E.I. et al. Controlled trial of the effect of negative dietary cation-anion difference prepartum diets on milk production, reproductive performance, and culling of dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 4. P. 6919 – 6928. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19390>.
34. Valdecabres A., Silva-del-Río N. Negative dietary cation–anion difference in prepartum dairy cow diets: a pragmatic study in two commercial dairy farms // *Animal*. 2023. P. 100731. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100731>.
35. Martinez N., Rodney R.M., Block E. et al. Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in dairy cows: health and reproductive responses // *J. Dairy. Sci.* 2018. Vol. 101. P. 2563e78. <https://doi.org/10.3168/JDS.2017-13740>.
36. Martinez N., Risco C.A., Lima F.S. et al. Evaluation of periparturient calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease // *J. Dairy Sci.* 2012. Vol. 95. P. 7158 – 7172. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5812>.
37. Caixeta L.S., Ospina P.A., Capel M.B., Nydam D.V. Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows // *Theriogenology*. 2017. Vol. 94. e7. <https://doi.org/10.1016/J.THERIOGENOLOGY.2017.01.039.39>.
38. Астахова Н.И., Самбуров Н.В. Эффективность введения анионных солей в рацион сухостойных коров // *Вестн. Курской ГСХА*. 2022. № 3. С. 96 – 101.

39. Wankhade P.R., Manimaran A., Kumaresan A. et al. Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: a review // *Vet. World*. 2017. Vol. 10. P. 1367. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2017.1367-1377>.
40. Zhang X., Glosson K.M., Bascom S.S. et al. Metabolic and blood acid-base responses to prepartum dietary cation-anion difference and calcium content in transition dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2022. Vol. 105. P. 1199 – 1210. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21191>.
41. Melendez P., Poock S., Abuelo A., Digiacoimo K. A Dairy Herd Case Investigation with Very Low Dietary Cation-Anion Difference in Prepartum Dairy Cows // *Front. Nutr.* 2017. Vol. 4. e6. <https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00026>.
42. Frost I.R., Seely C.R., McCray H.A. et al. Effect of postpartum calcium supplementation on serum calcium and parathyroid hormone concentrations in multiparous Holstein cows // *JDS Communications*. 2024. Vol. 5. P. 215 – 219. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0455>.
43. Chan P.S., West J.W., Bernard J.K. Effect of prepartum dietary calcium on intake and serum and urinary mineral concentrations of cows // *J. Dairy Sci.* 2006. Vol. 89. P. 704 – 713. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72133-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72133-6).
44. Glosson K.M., Zhang X., Bascom S.S. et al. Negative dietary cation-anion difference and amount of calcium in prepartum diets: Effects on milk production, blood calcium, and health // *J. Dairy Sci.* 2020. Vol. 103. P. 7039 – 7054. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2019-18068>.
45. Freitag J.R.B., Wilkens M.R., Muscher-Banse A.S. et al. Effects of diets differing in dietary cation-anion difference and calcium concentration on calcium homeostasis in neutered male sheep // *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 104. P. 11537 – 11552. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20334>.
46. Reinhardt T.A., Lippolis J.D., McCluskey B.J., Goff J.P., Horst R.L. Prevalence of subclinical hypocalcemia in dairy herds // *Veterinary Journal*. 2011. Vol. 188. P. 122 – 124. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2010.03.025>.
47. Caixeta L.S., Weber W.J., Johnson D.M. et al. Effects of anionic supplement source in prepartum negative dietary cation-anion difference diets on serum calcium, feed intake, and lactation performance of multiparous dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2015. Vol. 103. P. 4302 – 4314. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16991>.
48. Caixeta L.S., Weber W.J., Johnson D.M. et al. Effects of anionic supplement source in prepartum negative dietary cation-anion difference diets on serum calcium, feed intake, and lactational performance of multiparous dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2020. Vol. 103. P. 4302 – 4314. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16991>.
49. Tsiamadis V., Panousis N., Siachos N. et al. Subclinical hypocalcaemia follows specific time-related and severity patterns in post-partum Holstein cows // *Animal*. 2021. Vol. 15. P. 1000172. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100017>.
50. McArt J.A.A., Neves R.C. Association of transient, persistent, or delayed subclinical hypocalcemia with early lactation disease, removal, and milk yield in Holstein cows // *J. Dairy Sci.* 2020. Vol. 103. P. 690 – 701. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17191>.
51. Neves R.C., Leno B.M., Bach K.D., McArt J.A.A. Epidemiology of subclinical hypocalcemia in early-lactation Holstein dairy cows: The temporal associations of plasma calcium concentration in the first 4 days in milk with disease and milk production // *J. Dairy Sci.* 2018. Vol. 101. P. 9321 – 9331. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14587>.
52. Melendez P., Bartolome J., Roeschmann C. et al. The association of prepartum urine pH, plasma total calcium concentration at calving and postpartum diseases in Holstein dairy cattle // *Animal*. 2021. Vol. 15. P. 100148. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100148>.
53. Melendez P., Chelikani P.K., Patel D., Garbarino E. Effect of a very low negative dietary cation-anion difference (DCAD) diet on plasma and urine metabolomics of prepartum Holstein cows // *J. Dairy Sci. Communications*. 2022. Vol. 3. P. 59 – 65. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0154>.
54. Overton T.R., McArt J.A.A., Nydam D.V. A 100-Year Review: Metabolic health indicators and management of dairy cattle // *J. Dairy Sci.* 2017. Vol. 100. P. 10398 – 10417. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13054>.
55. Liang D., Arnold L.M., Stowe C.J., Harmon R.J., Bewley J.M. Estimating US dairy clinical disease costs with a stochastic simulation model // *J. Dairy Sci.* 2017. Vol. 100. P. 1472 – 1486. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11565>.

56. Mulligan F.J., O'Grady L., Rice D.A., Doherty. M.L. A herd health approach to dairy cow nutrition and production diseases of the transition cow // *Anim. Reprod. Sci.* 2006. Vol. 96. P. 331 – 353. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2006.08.011>.
57. Ramos-Nieves J.M., Thering B.J., Waldron M.R. et al. Effects of anion supplementation to lowpotassium prepartum diets on macromineral status and performance of periparturient dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2009. Vol. 92. P. 5677 – 5691. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2378>.
58. Venjakob P.L., Staufenbiel R., Heuwieser W., Borchardt S. Association between serum calcium dynamics around parturition and common postpartum diseases in dairy cows // *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 104. P. 2243 – 2253. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17821>.
59. Hassanien H.E., Galyean M.L., Ballou M.A. et al. Effects of altering prepartum and postpartum dietary cation-anion difference on calcium concentrations and blood metabolites of Holstein dairy cows // *Anim. Sci. J.* 2022. Vol. 93. e13715. <https://doi.org/10.1111/asj.13715>.
60. Fehlberg L.K., Cardoso F.C. Validation of 2 urine pH measuring techniques in a prepartum negative dietary cation-anion difference diet and the relationship with production performance // *JDS Communications.* 2022. Vol. 3. P. 13 – 18. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0130>.
61. Frick K.K., Krieger N.S., Nehrke K., Bushinsky D.A. Metabolic Acidosis Increases Intracellular Calcium in Bone Cells Through Activation of the Proton Receptor OGR1 // *J. of Bone and Mineral Research.* 2009. Vol. 24 (2). P. 305 – 313. <https://doi.org/10.1359/jbmr.081015>.
62. Koreyba L.V., Dude Yu.V. Osobennosti belkovogo obmena u vysokoproduktivnykh glubokostelnykh korov v raznyye sezony goda // *Scientific Horizons.* 2019. Vol. 6 (79). P. 43 – 47. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-79-6-43-47>.
63. Beck M.R., Zapalac D., Chapman J.D. et al. Effect of vitamin D source and dietary cation-anion difference in peripartum dairy cows on calcium homeostasis and milk production // *Translational Anim. Sci.* 2022. Vol. 6. P. 1 – 8. <https://doi.org/10.1093/tas/txac010>.
64. Wilhelm A.L., Maquivar M.G., Bas S. et al. Effect of serum calcium status at calving on survival, health, and performance of postpartum Holstein cows and calves under certified organic management // *J. Dairy Sci.* 2017. Vol. 100. P. 3059 – 3067. <https://doi.org/10.3168/JDS.2016-11743>.
65. Sachuk R.M. et al. Diahnostyka metabolichnykh porushen v orhanizmi koriv pid chas otelennia ta rozrobka preventyvnykh zakhodi // *Scientific Horizons.* 2019. Vol. 6 (79). P. 59 – 64. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-79-6-59-64>.
66. Roshanzamir H., Rezaei J., Fazaeli H. Colostrum and milk performance, and blood immunity indices and minerals of Holstein cows receiving organic Mn, Zn and Cu sources // *Anim. Nutr.* 2020. Vol. 6. P. 61 – 68. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.08.003>.
67. Goff J.P. Invited review: Mineral absorption mechanisms, mineral interactions that affect acid-base and antioxidant status, and diet considerations to improve mineral status // *J. Dairy Sci.* 2018. Vol. 101. P. 2763 – 2813. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13112>.
68. Wang K., Nan X., Zhao P. et al. Effects of low dietary cation-anion difference induced by ruminal ammonium chloride infusion on performance, serum, and urine metabolites of lactating dairy cows // *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 2018. Vol. 31 (5). P. 677 – 685. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0530>.
69. van Gastelen S., Dijkstra J., Nichols K, Bannink A. Abomasal infusion of ground corn and ammonium chloride in early-lactating Holstein-Friesian dairy cows to induce hindgut and metabolic acidosis // *J. Dairy Sci.* 2021. Vol. 104. P. 4174 – 4191. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19300>.
70. Glosson K.M., X. Zhang X., Zanzalari K.P. et al. Negative dietary cation-anion difference and amount of calcium in prepartum diets: Effects on urine and serum minerals // *JDS Communications.* 2023. Vol. 4. P. 449 – 453. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0391>.