

П-151
38

ISSN 0568-6148

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
КОМИФИЛИАЛ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

КОРМЛЕНИЕ И ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

СЫКТЫВКАР • 1978



Академия наук СССР

Коми филиал

КОРМЛЕНИЕ И ОБМЕН ВЕЩЕСТВ
У ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Сыктывкар 1978



П-151

636.2/3.084+636.2/3:612.015.3 (06)

(УДК 636.084 + 612.015) 055(02)3

В сборнике представлены результаты исследований лаборатории физиологии и биохимии животных Института биологии Коми филиала АН СССР.

Состояние белкового, углеводного и электролитного обмена и ионного равновесия в организме коров, овец, оленей и лосей показано в зависимости от специфических условий кормления Севера. Сообщаются новые данные, подтверждающие гипотезу об участии электролитов, углеводов и белков в создании и регуляции щелочного характера ионного равновесия в организме жвачных животных путем эквивалентного избирательного ионообмена в ходе рубцового метаболизма. Предложена оригинальная методика изоляции преджелудков жвачных животных, благодаря чему изучены процессы рубцового метаболизма и усвоения органических веществ и электролитов при различных рационах. Обосновывается показатель обмена веществ оптимальный и физиологически полноценный рацион для жвачных животных.

Материалы сборника представляют интерес для специалистов по физиологии и биохимии животных. Многие вопросы могут быть использованы в практике животноводства.

Редакционная коллегия

И.В. Забоева (ответственный редактор),
Г.М. Иванова, Н.Е. Кочанов, Н.В. Чебыкина

С Коми филиал АН СССР, 1978



П 92449

СВЯЗЬ МЕЖДУ КОРМЛЕНИЕМ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И СОСТОЯНИЕМ ИОННОГО РАВНОВЕСИЯ В ИХ ОРГАНИЗМЕ

Н.Е. Кочанов

Из множества показателей обмена веществ в организме наиболее важным, на наш взгляд, является состояние ионного равновесия. В нем принимают участие все электролиты, углеводы и белки, которые в конечном итоге создают условия для нормального функционирования как отдельных органов, так и организма животного в целом. И прежде всего состояние ионного равновесия связано с условиями кормления животных, с химическим составом компонентов суточного рациона.

Благодаря исследованиям Г.М.Ивановой [5], А.Ф.Симакова [16], Т.В.Симаковой [17], Н.И.Чувьуровой [21], А.Э.Вебера [1] удалось получить новые данные, существенно подтверждающие гипотезу [7, 8, 9] о возникновении и регуляции щелочного характера ионного равновесия в организме жвачных животных.

В статье на основании многолетних исследований различных видов жвачных животных дается обоснование ионного равновесия в организме как в оптимальных, так и неблагоприятных условиях кормления.

Щелочной характер ионного равновесия

В состав рациона животных включают различные корма, имеющие свой ионный состав. Физиологически полноценными следует считать такие рационы, которые обеспечивают щелочной характер ионного равновесия в организме животных, а значит, и нормальное состояние обмена веществ.

Для коров и овец такими являются прежде всего летний и зимний полуконцентратные рационы. Высокопродуктивные коровы получают электролитов от 13 до 17 г-экв., а овцы - 0,6 - 1,0 г-экв. в сут-

ки [21]. В соотношении ионов следует выделить достаточно высокий процент одновалентных катионов калия и натрия, а также анионов фосфата и органических кислот. Более высокая доля натрия и хлора объясняется наличием в их рационе поваренной соли.

В организм высокопродуктивных коров с силосом поступает до 12 г-экв. органических кислот, главным образом в виде молочной и уксусной [8]. Кроме того, в растительных кормах всегда выявляются кислоты трикарбонового цикла, составляющие до 40-60% количества органических анионов [11].

У диких жвачных животных (олений и лосей) физиологически полноценным является только летний рацион, включающий кроме изблюбленных растений достаточно много листьев древесных пород. Летом северные олени потребляют с кормами более 3 г-экв. электролитов, лоси - около 10 г-экв. в сутки [1]. На ионограмме рационов обращает на себя внимание низкое содержание натрия и хлора из-за отсутствия солевой подкормки. В то же время доля кальция и органических веществ достаточно высока.

Несмотря на различия условий питания для всех видов жвачных животных можно предложить такой рацион, в котором натрия должно быть около 10% от общего количества катионов, калия - 30-35%, кальция - 30-35%, магния - до 20% (рис.1). Предпочтительно равенство между суммой калия и натрия и суммой кальция и магния. Для регуляции обмена веществ у жвачных существенным является высокое содержание в кормах калия, который уравнивается, видимо, органическими анионами. Именно такой рацион можно назвать щелочным. В нем представлены, кроме бикарбонатов, все ионы, необходимые для обеспечения нормального течения процессов, поддерживающих ионное равновесие в организме.

Уже в ротовой полости корм попадает под воздействие секрета слюнных желез, который у жвачных животных выделяется непрерывно, усиливаясь при еде и жвачке. Ионный состав слюны до сих пор изучен недостаточно, хотя некоторые показатели его даны в работе К.Т.Ташенова [19].

У всех видов жвачных животных выделяется щелочная слюна (рН 8,2 - 8,9) с общей ионной концентрацией от 160 до 187 мэкв/л. У коров и овец отмечается более высокая насыщенность слюны бикарбонатами в зимний период. Суточные колебания отдельных ионов весьма незначительны. В слюне северных оленей среди катионов наблюдается более высокий уровень калия и кальция при уменьшенном содержании натрия, а из анионов на долю бикарбонатов приходится меньше, чем на долю фосфата.

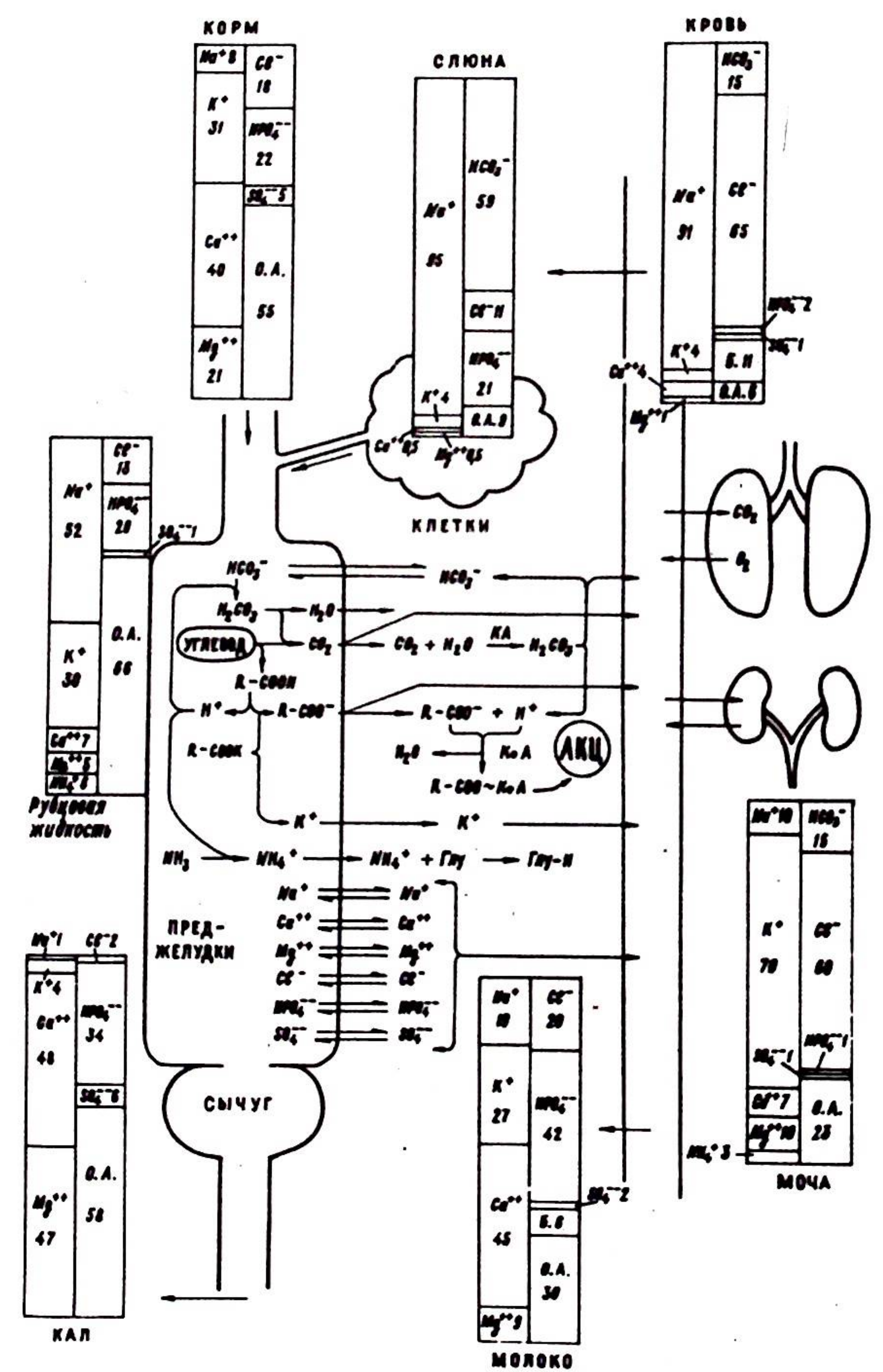


Рис.1. Схема ионообмена в организме жвачных животных и ионограммы (в процентах) при щелочном характере ионного равновесия

Нами предлагается оптимальная для слюны ионограмма (рис.1), в которой 95% катионов составляет натрий и только 4% - калий. Поступление кальция и магния со слюной, очевидно, имеет меньшее значение для ионного равновесия. Среди анионов слюны больше половины приходится на бикарбонаты, увеличение которых чаще всего идет за счет уменьшения органических анионов и в меньшей степени фосфатов и хлоридов.

По данным Н.И.Чувьуровой [21], у коров вместе со слюной только околоушных желез поступает до 26 г-экв. электролитов, в том числе натрия в 14 раз, фосфата и хлорида в два раза больше, чем с кормами рациона. Бикарбонаты же восполняются только за счет слюны, их доля в суточном балансе у высокопродуктивных коров может достигать более 10 г-экв. Отсюда видно, что слюна является источником значительного количества электролитов, необходимых для нормального течения пищеварительных процессов.

Преджелудки являются первым и очень важным участком пищеварительного тракта жвачных животных. Именно здесь возникают условия для диссоциации электролитов корма на парные ионы. Благодаря постоянному поступлению кормов и слюны, эвакуации смешанных пищевых масс, транспорту веществ через стенку преджелудков и процессам микробного брожения органических соединений в рубцовой жидкости сохраняется постоянство среды и ионного состава.

В содержимом рубца у различных видов жвачных животных при равенстве ионов общая ионная концентрация при щелочном рационе колеблется в пределах от 150 до 195 мэкв/л при pH от 6,5 до 6,9 [1,21].

В составе катионов рубцовой жидкости, как это видно на усредненной ионограмме (рис.1), на натрий приходится больше половины, на калий - около 30%, на магний, кальций и аммоний - от 5 до 7%. Анионы представлены в основном органическими кислотами (ацетат, пропионат и бутират), затем фосфатами и хлоридами. Выявить бикарбонаты в нормальных условиях брожения не удается.

В опытах на овцах [12] и на оленях [10] с изолированными преджелудками установлено, что стенка рубца овец проницаема для натрия, калия, магния, кальция, аммония, бикарбоната, фосфата, хлорида, сульфата и анионов органических кислот. При этом всасывание всегда преобладает над выделением. Постоянство ионного состава регулируется путем избирательного эквивалентного ионообмена. Во взаимоотношениях с минеральными ионами выступают такие органические метаболиты, как летучие жирные кислоты, углекислый газ и аммиак.

Принято, что всасывание двух молекул ацетата сопровождается поступлением в рубец одной молекулы бикарбоната [22], что, якобы, свидетельствует о всасывании половины летучих органических кислот в неионизированной форме.

В преджелудках при нормальных условиях кормления при pH 6,5 - 6,9 органические кислоты могут находиться в свободном состоянии в весьма незначительных количествах. В опытах при сохранении постоянной концентрации CO_2 всасывание ацетата сопровождается выделением эквивалентного количества бикарбоната [23]. Отсюда понятен повышенный расход CO_2 при усиленном всасывании органических кислот и выделении бикарбонатов [2]. Углекислый газ, очевидно, не посредственного участия в ионообмене принимать не может. Но после гидратации в клетках стенки рубца он в виде бикарбонатов может вступить в процесс эквивалентного обмена. С другой стороны, в эти перемещения могут вступить хлориды и фосфаты.

Данные Партасарати и Филипсона [25] показывают, что при введении в изолированный рубец овец ацетата, бикарбоната и хлорида натрия и калия хорошо прослеживается ионообмен, особенно между ацетатом и бикарбонатом.

На основании собственных и литературных данных, полученных в последние годы, предлагается новая, дополненная схема ионообмена в преджелудках жвачных животных (рис.1), объясняющая щелочной характер ионного равновесия в их организме.

В преджелудках, как известно, из углеводов в процессе брожения образуются углекислый газ и органические кислоты, которые при диссоциации дают анионы и водородные ионы, создавая, таким образом, слабокислую среду содержимого рубца.

Углекислый газ легко проникает через стенку преджелудков. В клетках сосочков рубца с помощью фермента угольной ангидразы происходит гидратация CO_2 в молекулу угольной кислоты, которая мгновенно распадается на ионы H^+ и HCO_3^- . С другой стороны, аналогичный процесс может протекать и в некоторых бактериях преджелудков, которые в период своего роста потребляют углекислый газ.

Бикарбонат в метаболизме организма выполняет разнообразную роль. Анионы бикарбоната слюны постоянно регулируют реакцию среды полостей преджелудков путем присоединения ионов H^+ с последующим образованием молекулы воды и углекислого газа. Кроме того, часть из них проникает в клетки стенки преджелудков. Затем бикарбонаты с всосавшимися катионами натрия и калия переходят в кровь, создавая "щелочной резерв" в организме. В дальнейшем они могут, очевидно, переходить в слюнные железы, во все биологичес-

кие жидкости, а также обратно в полость преджелудков, осуществляя эквивалентный ионообмен с такими анионами, как органические кислоты, хлориды и фосфаты. Избыток бикарбонатов главным образом вместе с калием выводится через почки.

Анионы органических кислот в весьма значительных количествах поступают вместе с кормами рациона. Наибольшая их часть связана, видимо, с калием и поэтому является легко растворимой в жидкости преджелудков. Кроме того, в процессе брожения в содержимом рубца образуются анионы ацетата, пропионата и бутирата в примерном соотношении 6:2:2. В обмен на бикарбонаты или сопряженно с катионами в клетки преджелудков всасывается большая часть органических анионов, которые после присоединения водородного иона вступают в метаболические реакции трикарбонового цикла, имеющего большое энергетическое значение для организма. Другая часть органических анионов вступает в реакции глюконеогенеза или липогенеза. При этом они теряют свойства анионов, предотвращая организм от закисления.

Водородные ионы в полости преджелудков в основном используются анионами бикарбонатов слюны. Этот процесс, очевидно, также протекает с помощью ферментов микрофлоры. Другие ионы H^+ с аммиаком образуют катионы аммония. Образование этого органического катиона усиливается при распаде избыточного количества белков в рационе. И, наконец, они также могут проникать в клетки стенок преджелудков, где они используются в основном органическими анионами.

Роль различных форм анионов фосфата, сульфата и хлорида в ионных перемещениях в рубце изучена пока значительно меньше.

Отсюда видно, что для сохранения щелочного характера ионного равновесия в организме жвачных животных необходим нормальный процесс рубцового метаболизма, который обеспечивается не только постоянным поступлением оптимального количества различных кормов рациона, но и наличием в нем определенного соотношения ионов, и прежде всего калия в соединении с органическими веществами корма.

В последующих отделах пищеварительного тракта жвачных животных продолжается дальнейшее усвоение органических и минеральных составных частей корма. Во всех отделах, очевидно, происходят не менее сложные процессы эквивалентного избирательного ионообмена, направленного на сохранение ионного равновесия в организме, необходимого для нормального состояния обмена веществ.

Неусвоенная часть корма с эндогенными веществами выделяется в виде каловых масс с определенным ионным составом [8]. У

крупного рогатого скота кал при щелочной реакции (рН выше 8) отличается высоким содержанием влаги и электролитов, которые в основном представлены двухвалентными катионами кальция и магния в соединении с фосфатами и органическими анионами. В более сухих каловых массах у овец общая ионная концентрация достигает 500 - 600 мэкв/кг при рН 7,7, но с таким же соотношением ионов, как у коров. В кале диких жвачных (олений и лосей) при щелочной реакции содержание катионов кальция и органических анионов выше, чем у домашних животных.

В средней ионограмме кала, как это видно на рис.1, только 5% приходится на калий и натрий, по 47% на кальций и магний. В составе анионов больше половины приходится на органические соединения, 34% на фосфаты при небольшом количестве сульфатов и особенно хлоридов.

Так завершается путь прохождения ионов через пищеварительный тракт, роль которого в создании щелочного характера ионного равновесия чрезвычайно велика. С калом выводится в основном неусвоенная часть минеральных ионов. Если принять количество поступивших электролитов за 100%, то неусвоенным остается 40%, т.е. из 1 г-экв. усваивается в среднем 0,6 г-экв.

Сохранение и регуляция ионного равновесия в организме осуществляются через кровь. Она постоянно насыщается различными органическими и минеральными веществами, которые в растворенном виде являются электролитами. Ионный состав крови у различных видов жвачных животных довольно близок. Поэтому вполне можно рекомендовать среднюю ионограмму крови для всех жвачных животных (рис.1,2).

В составе катионов крови натрий занимает 1%, калий и кальций по 4% и магний только 1%. Среди анионов две трети занимают хлориды, которые необходимы в основном для создания осмотической концентрации крови. На анионы с буферными свойствами приходится 34%, или 54 мэкв/л, в том числе бикарбонаты 15%, белки 11%, органические кислоты 6% и фосфаты 2%. В зависимости от условий кормления животных уменьшение одного из буферных ионов крови в пределах физиологической нормы компенсируется увеличением другого без изменения общей ионной концентрации, реакции среды и суммы буферных систем.

Одной из важных функций крови лактирующих животных является доставка в молочные железы необходимых компонентов для образования молока. На основании результатов опытов на козах М.Г.Заксом и др. [3] дан предполагаемый механизм образования электро-

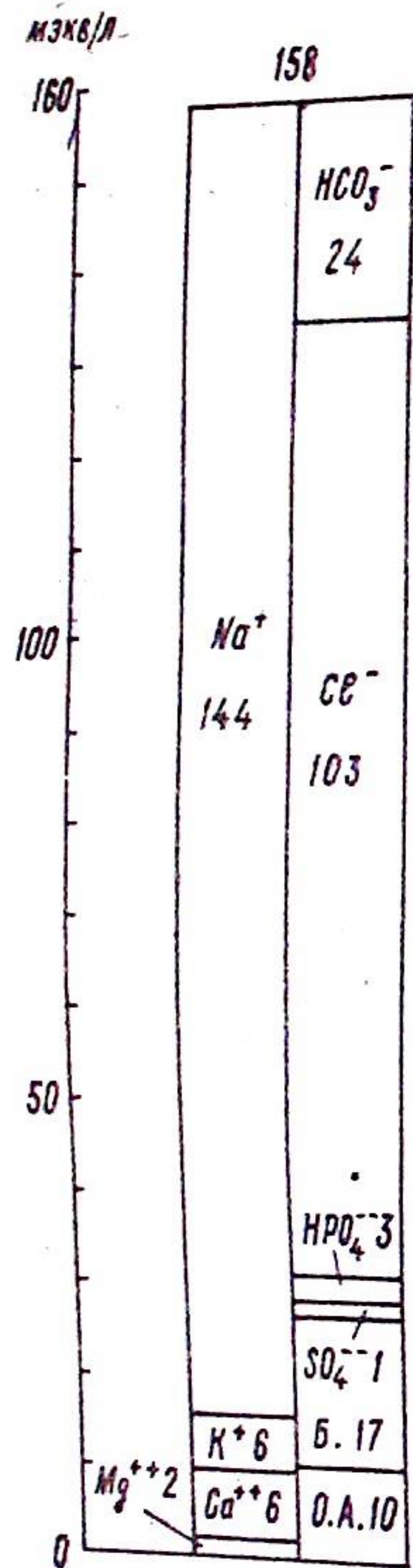


Рис.2. Ионogramма крови жвачных животных

литного состава молока. В емкостную систему молочной железы поступает жидкость, по содержанию электролитов близкая к безбелковой части плазмы крови. В дальнейшем ионы натрия реабсорбируются клетками молочной железы, одновременно идет секреция ионов калия и лактозы в эквивалентных количествах. Отсюда видно, что в молочной железе также происходит эквивалентный избирательный ионообмен в процессе выработки молока окончательного ионного состава.

На основании данных химического состава коровьего молока [6] нами была выведена соответствующая ионogramма [8], которая подтверждается последующими данными (рис.3). К сожалению, мы пока не располагаем ионogramмами молока других видов жвачных животных.

В молоке высокопродуктивных коров при pH 6,8 одновалентные катионы составляют 46%, а двухвалентные — 54% от общей ионной концентрации. В нем весьма высоко содержание анионов с буферными свойствами (78%): фосфатов — 42%, органических кислот — 30%, белков — 6% при отсутствии или мизерных количествах бикарбонатов. Все они будут иметь большое значение для организма теленка. В нормальных условиях кормления ионный состав молока, как и крови, достаточно стабилен.

В обменных опытах на коровах на третьем-пятом месяцах лактации установлено выведение с молоком около 10% суточного поступления электролитов. Это так называемая продуктивная, а поэтому наиболее ценная часть веществ. В среднем на 1 кг надаиваемого молока получается 0,9 — 1,0 г-экв. электролитов. Отсюда сложность сохранения ионного равновесия в организме лактирующих животных, когда с молоком выносятся большое количество наиболее ценных ионов.

Легкие вместе с почками составляют вторую фазу регуляции ионного равновесия в организме животных. В легких кровь обогащается кислородом и теряет часть углекислого газа. При этом происходит выделение избытка анионов бикарбоната в виде CO₂ с сохранением в организме запаса катионов натрия и калия.

Повышение парциального давления углекислого газа и кислотности артериальной крови путем воздействия на дыхательный центр приводит к увеличению объема легочной вентиляции и наоборот. Этот механизм регуляции дыхания контролирует соответствие между выделением и образованием CO₂.

При изучении газоэнергетического обмена у различных видов животных в условиях Севера установлено, что через легкие у крупного рогатого скота выделяется углекислого газа в пересчете на угольную кислоту до 150 г-экв., у овец — до 15 г-экв., у лосей — до 100 г-экв. и у оленей — до 25 г-экв. [8,20]. Отсюда становится особенно понятной роль легких в регуляции ионных отношений в организме высокопродуктивных жвачных животных.

Почки, как известно, являются системой, регулирующей ионные отношения в организме в процессах выведения как положительных, так и отрицательных ионов.

Исследованием функции почек жвачных животных по выделению электролитов методом очищения установлено, что в канальцах происходит значительная реабсорбция ионов, особенно фосфатов, хлоридов, меньше калия [24]. По сравнению с плотоядными у овец менее интенсивны процессы клубочковой фильтрации и канальцевой реабсорбции, низок процент фильтрационной фракции почечного плазматока, но более усилен процесс активной канальцевой секреции [14].

По химическому составу мочи и ее реакции среды можно судить о состоянии функции почек в регуляции ионного равновесия в организме.

У коров и овец на щелочном рационе зимой и летом выводится моча с pH выше 8,0 и общей ионной концентрацией выше 300 мэкв/л. Уже эти два показателя дают нам представление о хорошо выраженном щелочном характере ионных отношений в организме животных. Щелочная реакция определяется суммарной величиной бикарбонатов (более 50 мэкв/л) и органических анионов (до 40 мэкв/л), как бы

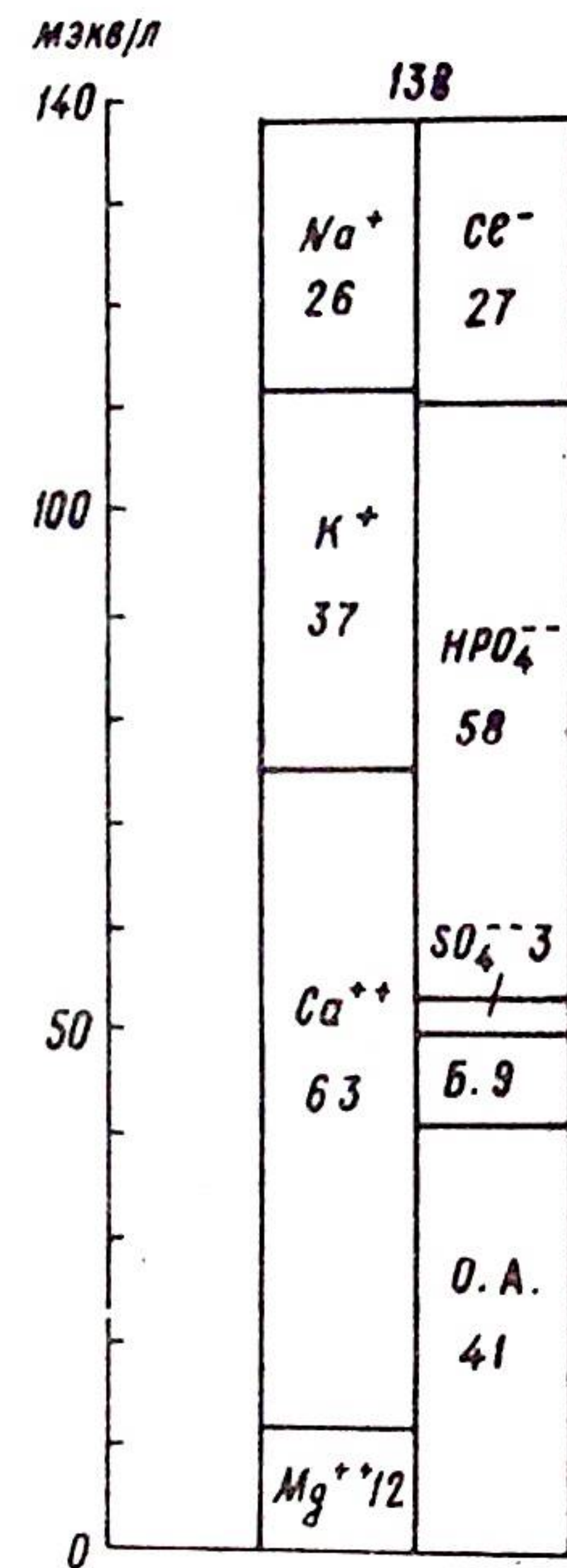


Рис.3. Ионogramма молока коров

ферных веществ мочи, которые уравновешены, видимо, калием.

У северных оленей в летнее время года общая ионная концентрация составляет около 180 мэкв/л при щелочной реакции мочи. Через почки выводится очень мало натрия, кальция и магния, но достаточно высок уровень калия, хлорида, аммония и органических анионов.

Лоси выделяют мочу с pH около 8,0 и общей ионной концентрацией до 400 мэкв/л. Особенности питания этих животных оказывают свое влияние и на ионный состав мочи. Характерным является повышенное выведение двухвалентных катионов кальция и особенно магния, а также органических анионов. В то же время в ней достаточно высок уровень калия. Среди анионов отсутствуют фосфаты и весьма низка концентрация хлоридов.

Несмотря на очень большую лабильность химического состава мочи, можно рекомендовать следующую среднюю ионограмму (в % от суммы ионов): натрий 10, калий 70, кальций и магний от 7 до 10, аммоний около 3, бикарбонат 15, хлорид 60, органические кислоты 23, фосфат и сульфат по 1 (рис.1).

Отсюда видно, что в ионных отношениях мочи жвачных животных основными регулирующими ионами являются калий, аммоний и бикарбонаты. В связи с высоким уровнем поступления калия с кормами щелочного рациона и с хорошим его всасыванием из пищеварительного тракта он выводится через почки в больших количествах в обмен на ионы Na^+ и H^+ . Наличие бикарбонатов в моче жвачных животных является признаком щелочного характера ионного равновесия в их организме, так как HCO_3^- может выделяться через почки при достаточном содержании щелочного резерва крови. Это возможно при сохранении синтетических процессов бикарбоната в ходе рубцового метаболизма и наличии достаточного количества калия. Поэтому состояние ионного равновесия в организме жвачных животных прежде всего может быть определено по реакции мочи.

Через почки выводятся электролиты, которые принимали участие в самых различных процессах обмена веществ в организме, в том числе и в регуляции ионного равновесия. Это обменная часть минеральных ионов и органических веществ, на которую приходится около 40% от суточного поступления электролитов, в основном хлорида, бикарбоната и органических анионов. В ней достаточно высок уровень ионов органического происхождения, менее зависимый от поступления с кормами. При этом от 8 до 10% суммы электролитов рациона может оставаться в запасе организма животных.

Сдвиг ионного равновесия в сторону кислотности

В зависимости от условий питания в организме жвачных животных чаще всего наблюдается нарушение ионного равновесия с аци-

отическими явлениями.

В рационе домашних жвачных обычно увеличена доля концентрированных (белковых) кормов при одновременном уменьшении грубых сочных. В связи с изменением соотношения кормов происходит изменение и соотношения ионов при сохранении общего количества электролитов рациона. При этом в составе катионов происходит уменьшение доли калия, иногда натрия при увеличении кальция и магния, а среди анионов – уменьшение органических соединений и хлорида при увеличении фосфата.

Зимой организм диких жвачных не обеспечивается необходимыми питательными веществами, особенно белками, а также электролитами. Олени даже при наличии достаточного количества такого зимнего корма, как ягель, получают электролитов в 20 с лишним раз меньше, чем летом [1]. В естественных условиях они, кроме того, затрачивают большие усилия на добычу этого корма из-под снега. Лоси в рационе из сосновых лапок и березовых веток получают электролитов в три с лишним раза меньше, чем летом [1]. На ионограммах рациона оленей и лосей изменения соотношения ионов такие же, как у коров и овец. Только в рационе оленей установлено более высокое содержание сульфатов (до 27% от суммы ионов).

Поэтому можно предложить ионограмму "кислого" рациона в качестве средней величины (рис.4). Рацион с таким соотношением ионов при длительном скормливании, как мы убедились, приводит к изменению состояния обмена веществ, и прежде всего к сдвигу ионного равновесия в организме жвачных животных в сторону кислотности. Хотя фон при этом бывает различный: в одном случае избыток протеина, а в другом, наоборот, его недостаток.

Слюна, как известно, относится к наиболее стабильным биологическим жидкостям. Но и в ней даже при непродолжительном кормлении "кислым" рационом у коров отмечается уменьшение концентрации бикарбонатов, а у оленей, наоборот, их увеличение. При этом недостаток бикарбонатов у коров компенсируется большим выделением слюны. Колебания концентрации бикарбонатов сопровождаются изменением концентрации фосфатов или органических анионов, сохраняя таким образом общую

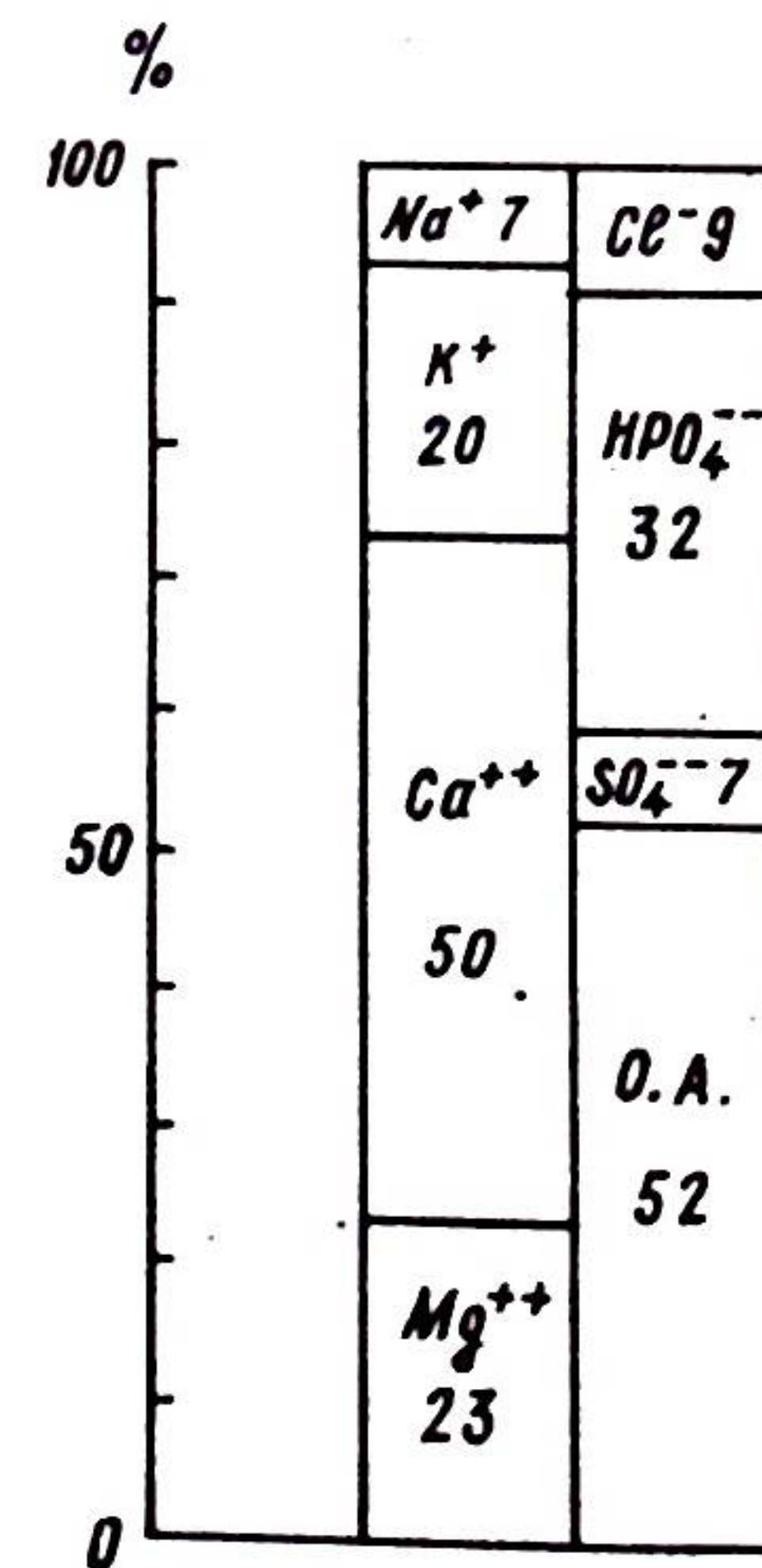


Рис.4. Ионограмма "кислого" рациона жвачных животных

У оленей и лосей выделяется моча резко кислой реакции с высокой ионной концентрацией. В соотношении ионов происходит значительное снижение минеральных и увеличение органических анионов и аммония [1].

На основании полученных результатов экспериментального ацидоза у различных видов жвачных животных можно предложить следующую дополненную схему последовательного развития нарушений метаболических процессов в организме:

- как при увеличении протеина в рационе у домашних жвачных животных, так и при недостатке его в зимних кормах у диких жвачных животных снижается доля калия с анионами органических соединений при повышении кальция или магния с фосфатами;

- происходит компенсация недостаточного количества ионов за счет увеличения выделения слюны, но и в ней постепенно изменяется ионный состав из-за слабого пополнения электролитов с кормами рациона;

- в преджелудках усиливается образование CO_2 за счет распада белков, но в то же время синтез бикарбоната из углекислого газа и его сохранение уменьшаются из-за недостаточного поступления катионов калия и натрия. Поэтому значительное количество CO_2 переносится кровью, усиливая дыхательный коэффициент и минутный объем сердца. У диких жвачных процессы брожения, наоборот, замедлены и образование углекислого газа уменьшено, поэтому учащения дыхания и пульса не наблюдается.

Процесс метаболизма углеводов, а возможно и белков, идет с образованием повышенного количества бутирата в основном за счет ацетата, а также с уменьшением общей концентрации летучих органических кислот. Изменяется, видимо, также и всасывание анионов в связи с уменьшением поступления одновалентных катионов с кормами и снижением синтеза бикарбонатов. Всосавшиеся органические анионы идут в основном в трикарбоновый цикл, но бутират и какая-то часть ацетата вступают в процессы кетогенеза.

И, наконец, усиленный распад избыточного количества белка в рационе ведет к повышенному аммиогенезу в преджелудках не без помощи микрофлоры. У диких жвачных возможно эндогенное образование аммиака. В целом происходит нарушение эквивалентного избирательного ионообмена в рубце;

- все изменения метаболизма в преджелудках и, очевидно, по следующим отделам пищеварительного тракта проявляются в ионном и химическом составе крови. Происходит постепенное уменьшение концентрации бикарбонатов крови при одновременном увеличении буферной системы, а иногда и органических анионов. Длительное сохранение неблагоприятных условий кормления приводит к по-

явлению в крови катионов аммония, а среди органических анионов кетоновых тел (ацетоацетата и бета-оксибутирата);

- изменяется ионный состав мочи: происходит снижение, а затем и полное прекращение выделения бикарбонатов, а также калия, отмечается постепенная замена минеральных ионов аммонием и органическими кислотами. В связи с этим щелочная реакция мочи сначала становится нейтральной, а затем и кислой. Это является первым и наиболее доступным признаком смещения ионного равновесия в организме жвачных животных в сторону ацидоза. Следующим признаком более серьезного изменения обмена веществ является выделение через почки кетоновых тел в качестве органических анионов;

- стойкие ацидотические явления приводят к изменению ионного состава молока - появляется аммоний, уменьшаются фосфаты и белок, повышаются органические анионы, среди которых выделяются и кетоновые тела. Все это указывает на серьезные нарушения функций внутренних органов, и прежде всего печени, а затем репродуктивной системы жвачных животных.

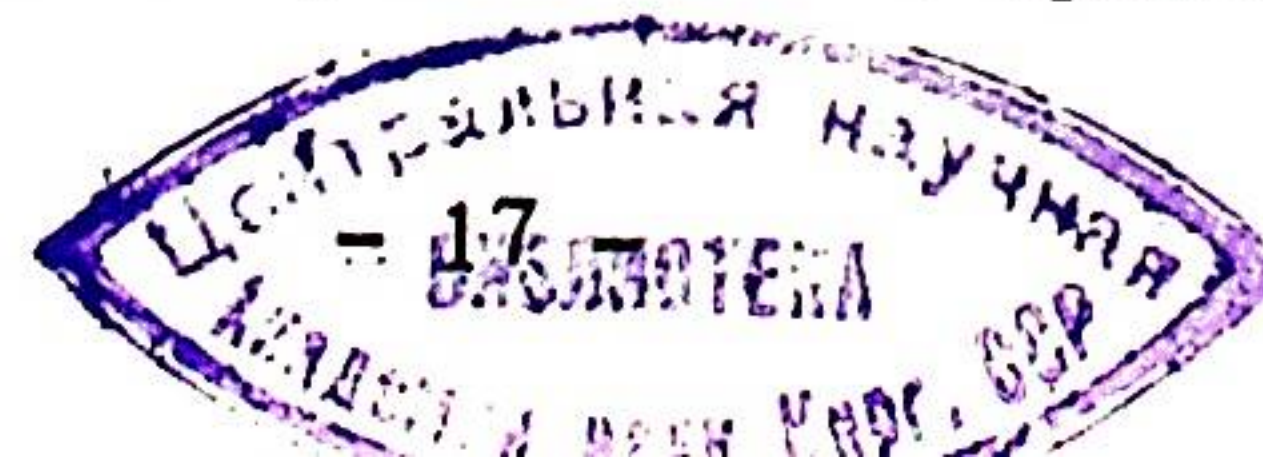
Наиболее восприимчивы к сдвигу ионного равновесия в сторону кислотности высокопродуктивные коровы в связи с выносом из организма вместе с молоком огромного количества электролитов. У диких жвачных животных отмечается определенный сезонный ритм в обмене веществ из-за условий питания, к которым они достаточно хорошо адаптированы. Даже процессы их размножения приурочены к периоду, когда в организме сохранен щелочной характер ионного равновесия: гон в сентябре, отелы весной, к началу летнего сезона.

Заключение

Установлена прямая связь между условиями кормления и состоянием ионного равновесия в организме жвачных животных. Физиологически полноценным рационом кормления может быть такой, который обеспечивает сохранение щелочного характера ионного равновесия в организме животных. В таком рационе должно быть оптимальное количество концентрированных, грубых и сочных кормов, а также определенное соотношение ионов.

Благодаря новым сведениям о ионном составе слюны и других биологических жидкостей, по рубцовому метаболизму и экспериментам в изолированных преджелудках жвачных животных предложена дополненная схема избирательного эквивалентного ионообмена в рубце, которая лежит в основе возникновения и сохранения щелочного характера ионного равновесия в организме.

Щелочной характер ионного равновесия в организме взрослых



7 92449

жвачных животных означает стабильное состояние ионного состава крови, слюны, молока и содержимого различных отделов пищеварительного тракта с выведением через почки мочи щелочной реакции с высоким уровнем калия и бикарбонатов. Такое состояние ионного равновесия обеспечивает необходимые условия для нормальных процессов обмена веществ в организме животных.

Изменения оптимального соотношения кормов рациона, связанные с уменьшением калия и органических анионов, ведут к сдвигу ионного равновесия в организме жвачных животных в сторону кислотности. На основании результатов опытов дана новая схема развития ацидотических явлений в организме. Эти данные также являются доказательством нашей гипотезы.

Таким образом, показатели ионного равновесия в организме являются индикатором правильного, физиологически полноценного кормления жвачных животных и могут быть использованы в животноводстве как контрольные тесты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вебер А.Э. Сезонные изменения обмена электролитов и кислотно-щелочных отношений в организме северных оленей и лосей. Дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, 1975.
2. Добсон А. Всасывание в рубце. - В кн.: Физиологические основы рационального кормления жвачных животных. М., "Колос", 1964.
3. Закс М.Г. и др. О транспорте натрия и калия при образовании молока. - "Физиол. журн. СССР", 1965, т.51, № 4.
4. Зыкин Э.Н. Содержание органических кислот в рубце овец при различных условиях кормления. - В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974. (Труды Коми филиала АН СССР, 27).
5. Иванова Г.М. Показатели белкового обмена овец при изменении ионного равновесия в организме. - Там же.
6. Инихов Г.С. Биохимия молока. М., Пищепромиздат, 1956.
7. Кочанов Н.Е. Сравнительно-физиологическая характеристика кислотно-щелочного равновесия в организме жвачных животных. Дис. на соиск. уч. ст. д-ра биол. наук.
8. Кочанов Н.Е. Кислотно-щелочное равновесие у жвачных животных. Л., "Наука", 1974.
9. Кочанов Н.Е. Особенности ионного равновесия в организме овец. - В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974. (Труды Коми филиала АН СССР, № 27).
10. Кочанов Н.Е., Вебер А.Э. Процессы ионообмена в изолированных преджелудках северных оленей. - Там же.
11. Кочанов Н.Е., Тулупов Г.В. Содержание кислот трикарбонового цикла у овец при изменении ионного равновесия в их организме. В наст. сб.
12. Кочанов Н.Е., Чувьурова Н.И. Процессы обмена воды и ионов в изолированных преджелудках овец. - "С.-х. биология", 1977, т.12, № 3.
13. Курилов Н.В., Кроткова А.П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. М., "Колос", 1971.
14. Лысов В.Ф. О функции почек овец. - "Физиол. журн. СССР", 1965, т.51, № 2.
15. Попов Н.Ф. Особенности пищеварения и обмен веществ у жвачных при нарушении кормления. - "Вестн. с.-х. науки", 1957, № 6.
16. Симаков А.Ф. Динамика свободных аминокислот в жидкости рубца овец. - В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974 (Труды Коми филиала АН СССР, № 27).
17. Симакова Т.В. Обмен микроэлементов у овец при разных условиях кормления. - Там же.
18. Скворцова А.А., Хренов И.И. Некоторые особенности основного обмена и специфического динамического действия корма у крупного рогатого скота. - "Труды Ин-та физиол. им. Павлова АН СССР", 1959, № 8.
19. Ташенов К.Т. Деятельность пищеварительных желез у лактирующих животных. Алма-Ата, "Наука", 1969.
20. Чермных Н.А. Газоэнергетический обмен у жвачных животных (коровы, овцы, северные олени и лоси) в условиях Севера. Дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, 1971.
21. Чувьурова Н.И. Показатели электролитного обмена в организме коров и овец в зависимости от структуры рациона. Дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, 1975.
22. Эннисон Е.Ф., Льюис Д. Обмен веществ в рубце. М., Сельхозгиз, 1962.
23. Ash R.W., Dobson A. The effect of absorption on the acidity of rumen contents. - "J. Physiol.", 1963, 169, 1.
24. Ketz H.A. Untersuchungen zur Nierenfunktion und renalen Elektrolytausscheidung bei den kleinen Wiederkäuern. - "Arch. exp. l. Veterinärmed.", 1960, 14, 2.
25. Parthasarathy D., Philipson A.T. The movement of potassium, sodium, chloride and water across the rumen epithelium of sheep. - "J. Physiol.", 1953, 3.

УСВОЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА КОРМА У ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСТВОРИМОСТИ ПРОТЕИНА

Г.М. Иванова

Доступность и биологическая ценность растительных белков для животного организма определяется их аминокислотным составом соотношением отдельных фракций в общем белковом комплексе. На большее значение в усвоении и использовании организмом жвачных азота корма имеет легкорастворимая фракция протеина [3, 5]. При низкой доле этой фракции в протеине корма ограничивается действие ферментов микрофлоры рубца жвачных, при избытке вследствие быстрого накопления аммиака в рубце происходит значительная потеря азота с мочой. Оптимальные условия для использования азота корма создаются при определенных соотношениях легкорастворимых белков и углеводов в кормах рациона [6].

Изучение соотношения белковых фракций в кормах имеет большое значение как для теории, так и практики кормления, в повышении эффективности использования питательных веществ корма сельскохозяйственными животными. В настоящей статье представлены результаты изучения влияния различного по растворимости протеина корма на степень усвоения и использования азота в организме жвачных животных (коров, овец, северных оленей и лосей).

Материал и методика

Исследование провели методом периодов на трех коровах холмогорской породы с живой массой 600 кг и среднегодовым удоем 4 тыс. кг молока, на четырех овцах романовской породы, трех северных оленях и четырех лосей с живой массой 30, 70 и 220-250 кг соответственно. Коровы, овцы и северные олени предварительно оперированы с наложением хронических фистул на рубец.

получали животные два раза в сутки, воду - вволю. По периодам опыта животные получали следующие рационы:

Период	Коровы	Овцы	Северные олени	Лоси
Первый	Зимний полуконцентратный		Зимний ягельный	Зимний древесный
Второй	Зимний концентратный	Летний	Зимний ягельный + подкормка	Летний
Третий	Летний	-	Летний	-

Для исследования брали пробы смеси кормов (в соотношении, соответствующем рационам), рубцового содержимого и кала. В целях изучения суточной динамики рубцовое содержимое брали у овец и лосей шесть раз в сутки (до кормления, через 3 и 6 часов после кормления). Исследование соотношения белковых фракций протеина по их растворимости различными растворителями проводили по методу И. Ермакову [9]. Материал для извлечения фракций брали с таким расчетом, чтобы в данной навеске содержалось около 5 г сухого вещества. В качестве растворителя для извлечения водосоле-растворимой фракции протеина использовали 10%-ный раствор NaCl pH7, для щелочерастворимой фракции - раствор 0,2 н. NaOH. Азот определяли по Кьельдалю, труднорастворимую фракцию протеина вычисляли по разнице.

Результаты исследований

Коровы в первый период опыта при поедании 2,3 кг лугового разнотравного сена, 30,1 кг горохо-овсяного силоса, 3 кг комбикорма и 1 кг подсолнечникового шрота получают близкое к норме количество протеина. С концентрированными кормами его поступает 39%. Доля легкорастворимых фракций протеина (водосоле-растворимой и щелочерастворимой) в кормах составляет 55% с преобладанием во-досоле-растворимой фракции (табл. 1).

При таком кормлении в рубцовом содержимом коров соотношение легкорастворимых фракций протеина изменяется в сторону увеличе-

ния щелочерастворимой фракции (табл.2). Наблюдаются нормальные показатели рубцового метаболизма. Среднесуточная концентрация аммиачного азота в рубцовой жидкости коров составляет 17,7 мг% (табл.3). По мере прохождения корма через пищеварительный тракт животного в непереваренных остатках корма доля легкопереваримых фракций протеина повышается до 78 за счет водосолерастворимой фракции (табл.2). Степень усвоения азота корма высокая, коэффициент усвоения составляет 69,4%, использования усвоенного азота - 26,8% при ретенции его в тканях организма 1,7 г на 1 ц живой массы животного (табл.3).

Таблица 1

Характеристика рационов

Вид животного	Период опыта	Поступление протеина с кормом, %		Фракции протеина, % от всего азота корма		
		с концентрированным	с объемистым	водосолерастворимая	щелочерастворимая	труднорастворимая
Коровы	1	39	61	33,0	22,0	45,0
	П	86	14	20,0	24,0	56,0
	Ш	35	65	28,0	23,7	48,3
Овцы	1	49	51	21,5	28,0	50,5
	П	34	66	33,8	23,4	42,8
Северные олени	1	0	100	24,6	18,6	56,8
	П	30	70	26,0	12,6	61,4
	Ш	0	100	24,1	35,2	40,7
Лоси	1	0	100	28,0	37,8	34,2
	П	0	100	25,2	22,4	52,4

Таблица 2

Соотношение белковых фракций в рубцовом содержимом и кале животных

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать	Азота	
				человеческая	труднорастворимая
				8	23,7
9	14 снизу	1%	91%	5	39,2
18	6 снизу		1968.	8	49,5
29	14 снизу	[6,11]	[1,6,11]		
44	5 сверху	глицерина	глицина	0	17,0
	7 сверху	и состояния	и в состоянии	0	47,0
64	12 снизу	наблюдалась	наблюдалось		
	" "	1,3	[1,3]		
69	15 сверху	129,3	121,0	9	35,1
	17 сверху	9,23	0,23	7	28,3
111	табл.1 первая	0,15	-0,15	4	44,4
117	16 снизу	концентрация	концентрация Na^+		
118	11 снизу	электролитов	электролитного	0	22,7
				1	44,3

объем их состава поедая шрота, концентрата и кормов - поступает 24% всего суточного количества протеина, в то время как в первом периоде - 32%. Доля легкорастворимых фракций протеина в кормах рациона этого периода ниже на 11% по сравнению с первым (табл.1).
Соотношение фракций протеина в рубцовом содержимом у коров при таком кормлении значительно отличается по сравнению с первым

Таблица 3

Показатели азотистого обмена у животных по периодам опыта

Вид животного	Период	Концентрация аммиачного азота в рубце, мг%		Коэффициенты, %		Ретенция азота на 1 ц живой массы, г
		среднесуточная	максимальная	усвоения азота	использования усвоенного азота	
Коровы	1	17,7	30,3	69,4	26,8	1,7
	П	26,7	38,0	81,2	34,5	11,3
	Ш	18,2	29,9	76,7	40,5	7,6
Овцы	1	17,0	21,0	76,7	52,3	22,3
	П	8,0	11,1	75,7	33,3	10,6
Северные олени	1	16,2	17,5	65,9	-	- 7,0
	П	2,9	3,6	46,0	52,8	4,0
	Ш	9,8	10,1	70,9	42,6	16,7
Лоси	1	-	-	44,4	19,8	2,1
	П	-	-	69,0	51,9	23,8

пень усвоения и использования усвоенного азота корма ниже (табл. 2,3). По мере пребывания корма в рубце доля водосолерас-творимой фракции протеина уменьшается. Если до кормления она составляет 31% всего азота, то после трехчасового переваривания корма доля ее снижается до 25% с незначительным повышением через шесть часов до 26,7%.

Северные олени в первом зимнем периоде опыта при поедании 1,6 кг ягельного корма не обеспечиваются протеином, получая его всего 42,6 г в сутки. Ягельный корм по сравнению с другими кормами содержит мало протеина, в котором к тому же преобладает

нормальном опыте. Метаболизм в рубце более интенсивен, о чем свидетельствует повышенная среднесуточная и максимальная концентрация аммиачного азота в рубцовой жидкости коров. В переваренных остатках корма доля легко растворимых фракций также снижена за счет обеих фракций. Степень усвоения и использования азота корма, а также ретенция азота в организме коров выше, в первом периоде (табл. 2, 3).

В третий период опыта коровы, поедающие по 40,2 кг луговой травно-злаковой травы, 3 кг комбикорма и 1 кг шрота, полностью обеспечиваются протеином. При снижении доли концентрированного корма до 24,4% общей питательности рациона с ним поступает около одной трети суточной нормы протеина. Соотношение фракций протеина в кормах летнего рациона коров ближе к таковому в зимнем рационе первого периода опыта.

Летом содержимое рубца у коров по соотношению фракций протеина мало отличается от корма. Показатели рубцового метаболизма улучшаются при нормализации среды рубцовой жидкости до pH 6,5. В кале коров при кормлении зеленым кормом доля легко растворимой фракции протеина значительно снижается, особенно щелочерастворимой. Степень усвоения азота летнего корма высокая, коэффициент использования усвоенного азота корма увеличивается до 40,5% (табл. 2,3).

Овцы, поедающие зимой в сутки 850 г мелкостебельчатого разнотравного сена и 300 г комбикорма, получают достаточное количество протеина, в том числе половину за счет концентрированного корма.

В зимнем рационе овец значительно снижена доля водосолерасстворимой фракции протеина по сравнению с зимним рационом коров. Сравнительно меньше ее доля и в рубцовом содержимом овец (табл. 2). В кале овец, наоборот, доля легко растворимых фракций протеина выше, чем у коров. В рубцовой жидкости овец в отличие от коров максимальная концентрация аммиачного азота не превышает 21 мг%, что обуславливает более высокий коэффициент использования усвоенного азота корма и значительную ретенцию его в организме (табл. 3).

Летом при поедании 2,8 кг травы и 0,2 кг комбикорма в основном получают протеин с зеленым кормом. Доля легко растворимых фракций протеина в кормах летнего рациона повышается до 57,2%. При таком кормлении в рубцовом содержимом доля легко растворимых фракций также увеличивается с 45,8 до 58,9%. В кале, как и у коров, в летний период доля этих фракций протеина падает главным образом за счет щелочерастворимой фракции. Ст

труднорастворимая фракция его за счет уменьшения щелочерастворимой фракции.

В рубцовом содержимом северного оленя легкорастворимые фракции протеина по сравнению с кормом повышаются на 14%. В непереваренных остатках корма доля этой фракции еще выше. Концентрация аммиачного азота в рубцовом содержимом оленей на ягельном корме близка к таковой у овец в зимний период опыта, но при более кислой реакции среды (рН 5,89). Несмотря на высокую степень усвоения азота ягельного корма организм животных не обеспечивает этим необходимым для жизнедеятельности элементом и вынужден использовать его из тканей организма. Расход азота составляет в сутки 7 г на 1 ц живой массы (табл. 2, 3).

С включением в рацион оленей солевой подкормки и 150 г комбикорма поедаемость ягельного корма повышается до 1,9 кг в сутки. Рацион по-прежнему беден протеином, 30% его поступает с комбикормом. Доля водосолерастворимой фракции в протеине корма по сравнению с кормом первого периода изменяется незначительно, щелочерастворимой фракции — уменьшается (табл.1). При этом улучшаются условия для рубцового метаболизма с раскислением средней рубцовой жидкости до 6,43. Несмотря на снижение степени усвоения азота увеличивается коэффициент использования усвоенного азота с резервированием его в организме (табл.3).

Летом оленей, поедая 6,7 кг злакового разнотравья, полностью обеспечиваются протеином. В протеине зеленого корма по сравнению с ягельным увеличивается доля легкорастворимых фракций за счет щелочерастворимой фракции (табл.1). На легком рационе изменения соотношения фракций протеина в рубцовом содержимом оленей не сколько иное, чем на ягельном. Доля легкорастворимых фракций уменьшается с 59,3 до 47,5%. В непереваренных остатках зеленого корма у оленей так же, как и у домашних жвачных, меньше доля легкорастворимой части протеина за счет щелочерастворимой фракции (табл.2).

Показатели азотистого обмена у оленей летом улучшаются. Более интенсивно идет рубцовый метаболизм при рН 6,98 в рубцовой жидкости. Повышается степень усвоения азота зеленого корма до 70,9%, что значительно увеличивает ретенцию азота в организме (табл.3).

Результаты изучения изменения соотношения фракций протеина в рубцовом содержимом северных оленей по мере переваривания корма по периодам опыта представлены на рис.1. При кормлении одним ягельным кормом доля легкорастворимых фракций, несколько увеличиваясь сразу после кормления, заметно снижается после шестичасового

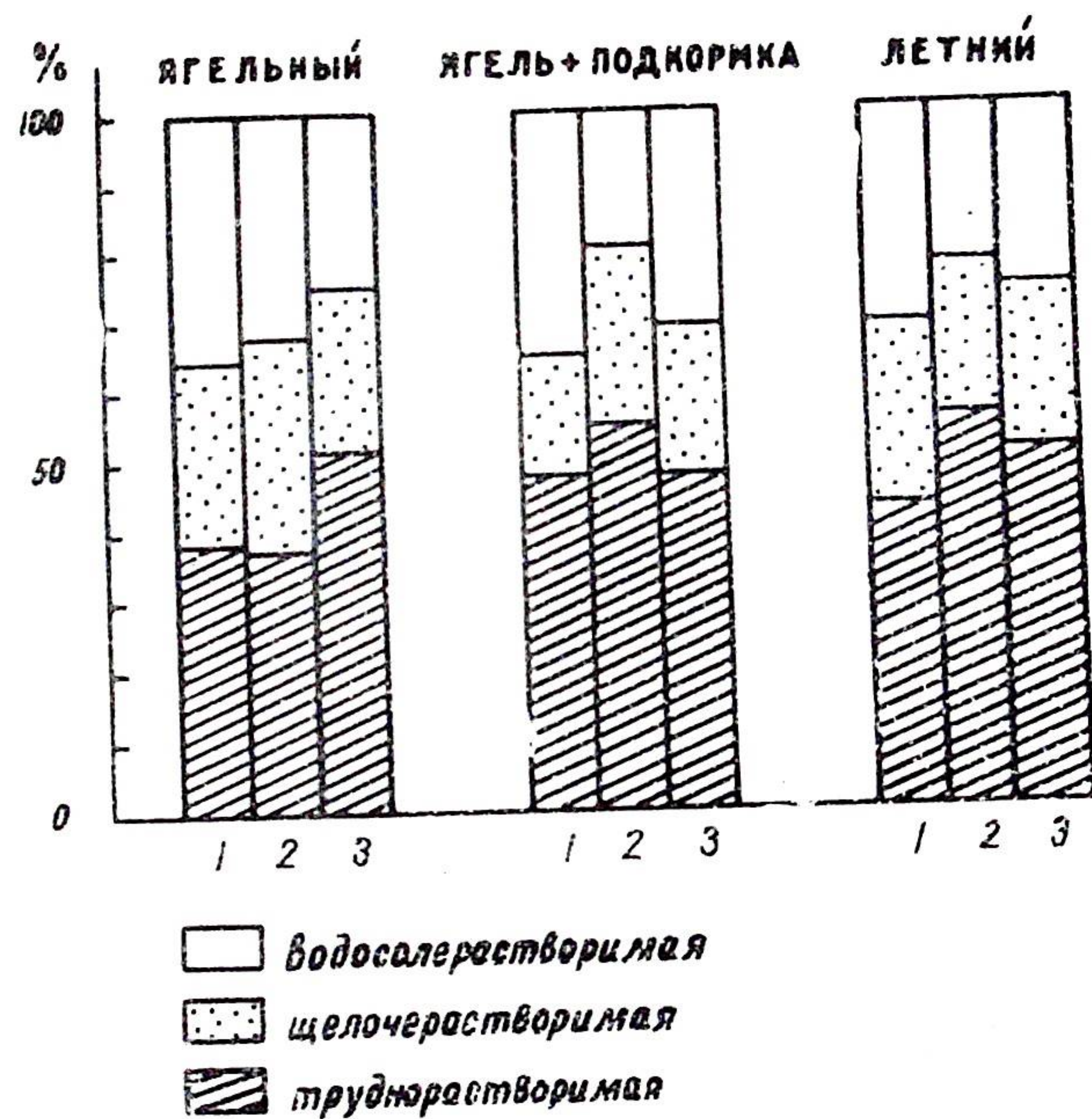


Рис.1. Динамика соотношения фракций протеина (%) в рубцовом содержимом северного оленя в зависимости от времени кормления по периодам опыта (1 — натощак, 2 — через 3 часа, 3 — через 6 часов после кормления).

сового пребывания в рубце. Уменьшение доли водосолерастворимой фракции происходит постепенно. При подкормке оленей, а также при кормлении их зеленым кормом динамика иная, чем на одном ягельном корме. В обоих этих периодах происходит уменьшение доли легкорастворимой фракции протеина с последующим повышением ее к шестичасовому периоду переваривания в рубце.

Лоси зимой, поедая по 5,4 кг хвойных лапок и 5,1 кг березовых

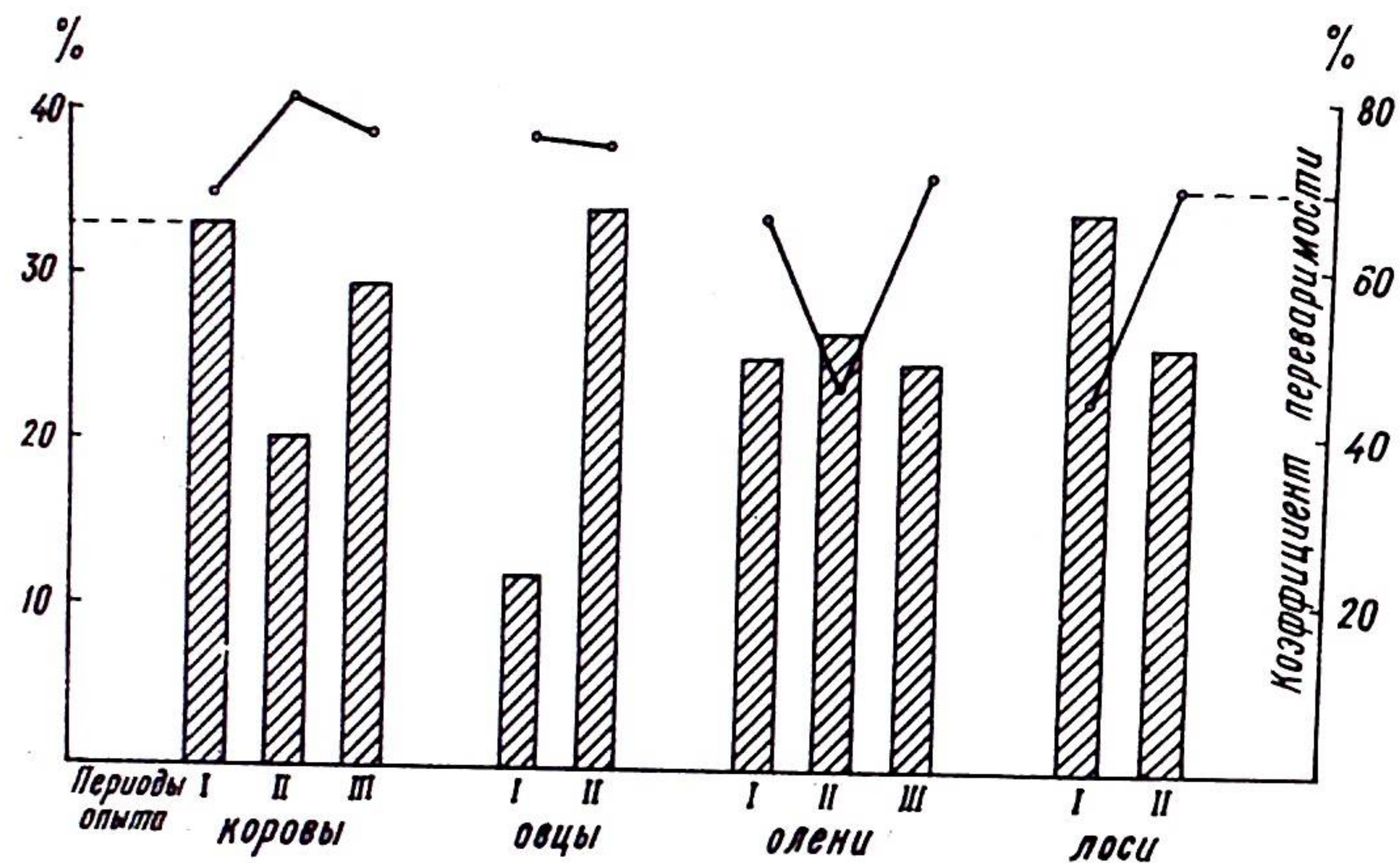


Рис.2. Переваримость протеина в зависимости от уровня поступления водорастворимой фракции его с кормом у жвачных животных по периодам опыта (по оси абсцисс слева - доля водорастворимой фракции протеина, % от всего азота корма).

веток в сутки, с трудом восполняют свою потребность в протеине. В отличие от других кормов в протеине древесного корма меньше труднорастворимой фракции. По сравнению с ягельным протеин древесного корма содержит больше щелочерастворимой фракции (табл.1). После прохождения через пищеварительный тракт в непереваренных остатках корма повышается доля легкорастворимых фракций. Если в корме она составляет 65,8% всего азота, то в кале - 77,3 (табл.2). Коэффициент усвоения азота древесного корма и степень использования усвоенного азота существенно ниже (табл.3).

С переходом на летний корм, поедая в сутки по 8,8 кг древесного зеленого листа и 13,9 кг кипрея, лоси достаточно обеспечивают протеином. В протеине зеленого корма ниже доля легкорастворимой фракции, чем в зимнем. Разница составляет 18,2%, в основном за счет щелочерастворимой фракции его (табл.1). Снижение доли этой фракции протеина наблюдается и после прохождения корма через пищеварительный тракт животного. Степень усвоения и использования усвоенного азота летнего корма и ретенция его в организме значительно повышаются (табл.2,3).

По всем видам жвачных установлена обратная зависимость степени усвоения азота от поступления с кормом легкорастворимых фракций протеина (рис.2), а также достоверная отрицательная зависимость между степенью использования усвоенного азота и уровнем поступления этой фракции протеина с кормом. Коэффициент корреляции между этими двумя показателями (r) составляет $-0,74 - 0,18$ при $P < 0,02$.

Обсуждение результатов исследования

В опытах на коровах показано, что соотношение в кормах рациона трудно- и легкорастворимых фракций протеина играет большую роль в усвоении и использовании азота корма [7]. В наших исследованиях доля водорастворимой фракции протеина в летних рационах домашних жвачных составляет 29-34%. В зеленом корме летних рационов северных оленей и лосей ее несколько меньше (24-25%). По данным Л.К. Груниной [2], белки водорастворимой фракции в зеленых частях растений составляют 25-30% азота суммарного белка. В кормах зимних рационов коров и овец доля этой фракции протеина повышается до 33%. Включение комбикорма и подсолнечникового шрота в рацион животных снижает долю легкорастворимой фракции протеина, так как ее в этих кормах меньше. В шроте доля этой фракции равна 13,8%, в сене 35,7-60,0%, в силосе - 36,2-40,0% [12,14].

Опытами на коровах и овцах установлено, что избыток водорастворимой фракции протеина в кормах рациона приводит к быстрому освобождению аммиака в рубце при гидролизе легкорастворимого протеина и потерям азота с мочой [6,11]. Так, у валухов при содержании 35% растворимого белка в рационе наблюдается увеличение выведения азота с мочой, с повышением концентрации аммиака в рубце и мочевины в крови по сравнению с рационом, содержащим 15% такого белка [13]. Коровы, получая рацион с содержанием легкорастворимой фракции протеина 45%, лучше усваивают азот по сравнению с рационом, в котором доля этой фракции составляет 64%. При этом наблюдается снижение уровня аммиака в рубце коров и уменьшение выведения с мочой аммиачного и мочевинового азота [10].

Подобные явления улучшения рубцового метаболизма и повышения степени использования азота корма при снижении доли легко-растворимых фракций протеина в кормах рациона наблюдаются и в проведенных нами исследованиях у всех видов жвачных животных. Так, у коров снижение доли легкорастворимых фракций протеина с

55 до 44% от всего азота корма зимнего рациона повышает степень усвоения азота на 11%, а степень использования усвоенного корма на 7,7% в абсолютном выражении. У лосей положительно влияет на показатели азотистого обмена уменьшение доли легко растворимых фракций протеина с 65,8 до 47,6%. На это же указывает вычисленный коэффициент корреляции между степенью использования усвоенного азота корма и уровнем поступления этой фракции с кормами рациона, равный - 0,74.

К легко растворимой фракции протеина относится и щелочерастворимая фракция его. Известно, что у жвачных животных после переварительного воздействия щелочной слюны (рН 8 и выше) корм падает в рубец. Реакция среды в преджелудках, как правило, нейтральная или слабощелочная. Так, в рубце рН колеблется в пределах 6,0 - 7,7, в сетке 6,5-7,0, а в книжке увеличивается до 7,0-7,8 [8]. После перехода в тонкий кишечник корм подвергается влиянию также слабощелочного кишечного сока с рН 7,6, что обуславливает наибольшую активность протеолитических ферментов.

В наших исследованиях в кормах домашних животных доля щелочерастворимой фракции протеина составляет 22-28% всего азота, причем разница в содержании этой фракции в зимних и летних рационах незначительна. В ягельном корме щелочерастворимой фракции мало. Зимний древесный корм лосей богаче этой фракцией (ее составляет около 38%), а летний, наоборот, содержит щелочерастворимых фракций протеина столько же, сколько и корма домашних животных. В исследованиях Ю.А. Калугина [4] изменение доли щелочерастворимых белковых фракций не оказывает существенного влияния на степень усвоения овцами азота корма. Однако при содержании щелочерастворимых фракций более 50% от всего протеина корм теряет аммиачного азота из рубца увеличиваются и степень его использования в организме снижается.

В наших исследованиях изменение доли легко растворимых фракций протеина корма в рационах домашних животных по периодам опыта происходит главным образом за счет водосолерастворимой фракции, щелочерастворимая же фракция существенно не меняется, поэтому трудно установить ее влияние на показатели азотистого обмена. Более значительная разница в содержании этой фракции протеина в кормах северных оленей и лосей, видимо, отражается в соотношении фракций протеина в рационах и больше влияет на степень использования азота в организме этих животных.

Данных по изменению соотношения фракций протеина после пребывания в желудочно-кишечном тракте жвачных животных в литературе нет.

Тем не менее результаты наших исследований позволяют провести некоторый анализ пищеварения у разных видов животных при различных условиях кормления. Так, у домашних жвачных при достаточном поступлении протеина уменьшение доли водосолерастворимой фракции его в рубцовом содержимом по сравнению с кормами вполне объяснимо быстрым использованием ее микрофлорой рубца. При значительном увеличении концентрированных кормов в рационе щелочерастворимая фракция протеина лучше используется в кишечнике коров, что обусловлено более быстрым переходом концентрированного корма из преджелудков в кишечник. На это указывает и уменьшение этой фракции протеина в непереваренных остатках корма коров во второй период опыта. Щелочерастворимая фракция протеина зеленого корма используется полнее у всех видов жвачных. Закономерность в изменении соотношения фракций протеина в непереваренных остатках зеленого корма как у домашних жвачных, так и у лосей и оленей одна и та же.

У северного оленя в условиях крайне недостаточного поступления в организм протеина с ягельным кормом в рубцовом содержимом происходит увеличение доли водосолерастворимой фракции протеина. Оба компонента этой фракции (белки и небелковые азотистые вещества) одновременно повышаются. При недостаточном протеиновом питании северного оленя [3] возможно поступление в рубец с кровью мочевины и плазменных белков, что объясняет изменение водосолерастворимой фракции протеина в рубцовом содержимом.

Выводы

1. Увеличение доли легко растворимой фракции в протеине корма более 50-55% от всего азота отрицательно влияет на степень усвоения и использования азота организмом жвачных животных. Наиболее оптимальное содержание водосолерастворимой фракции протеина корма установлено в пределах 20-25%.

2. Закономерности в изменении соотношения фракций протеина в пищеварительном тракте всех видов жвачных аналогичны. У северного оленя при крайне недостаточном протеиновом питании водосолерастворимая фракция протеина в рубцовом содержимом увеличивается.

1. Глядяева О.Ф. Обмен аминокислот в желудочно-кишечном тракте овец в связи с физико-химическим состоянием протеина рациона. - "Докл.ВАСХНИЛ", 1971, № 10.
2. Грунина Л.К. Белки вегетативных органов в процессе развития мальвы и подсолнечника. - В кн.: Биохимия и филогения. М., "Наука", 1972.
3. Исмаилов Ф.Х. Сахаро-протеиновое отношение и молочная продуктивность коров. - "Животноводство", 1974, № 1.
4. Калугин Ю.А. Обмен азота у жвачных в зависимости от растворимости протеина и содержания сахара в рационе. - "С.-х. биология", 1973, т.8, № 3.
5. Крылов В.М. Влияние условий кормления на уровень молочной продуктивности и использование протеина коровами. - Автореф. докт.дис. Пушкин, 1967.
6. Крылов В.М. Протеиновое питание молочных коров. - В кн.: Кормление с.-х. животных. Вып.9. Л., "Колос", 1971.
7. Крылов В.М., Зинченко Л.И. Значение водосолерастворимых фракций протеина в кормлении молочных коров. - "С.-х. биология", 1972, т.7, № 2.
8. Курилов Н.В., Кроткова А.П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. М., "Колос", 1971.
9. Методы биохимических исследований растений под ред. А.И. Ермакова. Л., "Колос", 1972.
10. Пасечник Г.И., Побирский Н.Н. Состояние азотистого обмена у лактирующих коров в связи с составом, физической формой и режимом скармливания рационов. - Тезисы докл. Всесоюз. совещ. Боровск, 1973.
11. Славов В.П. Некоторые особенности переваривания кормов в рубце в связи с уровнем растворимых фракций протеина. Мат-лы 6-й Всесоюз. конф. по физиол. и биохим. основам повышения продуктивности с.-х. животных. Боровск, 1968.
12. Щеглов В.В. Белковое и аминокислотное питание животных. Минск, "Урожай", 1974.
13. W o h l t I. E. a oth. Nitrogen metabolism in wethers as affected by dietary protein solubility and aminoacid profile. - " J. Anim.Sci.", 1976, 42, 5.
14. V a h a t a S. a.oth. Comparative value of haycube, hay and silage prepared from mized forage of the same origin. - "Jap.J. Zootechm.Sci.", 1973, 44, 12.

ПОКАЗАТЕЛИ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА У КОРОВ И ОВЕЦ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЦИОНЕ

Г.М. Иванова, Н.И. Чувьурова

Азотистый обмен в организме жвачных животных тесно связан с обменом фосфора, серы, кальция, калия и магния [3,7,9]. Фосфор является наиболее активным элементом и участвует в обмене жиров, углеводов и белков, в синтезе ферментов, гормонов и витаминов [1,14]. С увеличением в рационе протеина повышается степень использования кальция и фосфора. При избытке кальция в кормах ухудшается степень усвоения и использования усвоенного азота [4,8]. При недостатке отдельных минеральных веществ в кормах снижается активность пищеварительных процессов в организме, уменьшается степень использования питательных веществ корма. Выявление зависимости между отдельными минеральными веществами и азотом в кормах и в организме жвачных имеет определенный интерес как в теоретическом, так и в практическом отношении. В настоящей статье приведены результаты исследований влияния различного соотношения азота и минеральных веществ в рационе на степень усвоения и использования азота корма коровами и овцами.

Материал и методика

Исследования проведены на трех взрослых овцах романовской породы с живой массой 35 кг и трех коровах холмогорской породы с живой массой 600 кг и годовым удоем 4-5 тыс.кг молока. К моменту исследований коровы находились на третьем-четвертом месяцах лактации. Предварительно коровы были оперированы с наложением хронической фистулы рубца.

Обменные опыты проводились методом периодов на трех различных по типу рационах (по соотношению концентрированных и объемистых кормов к общей питательности рациона в кормовых единицах) по следующей схеме:

Таблица 1

Показатели азотистого обмена у коров

Корма, %	Период опыта			Показатели	Периоды опыта									
	первый (зима)	второй (зима)	третий (лето)		первый	второй	третий							
Грубые и сочные	70-72	24-34	80-100											
Концентрированные	30-28	76-66	20											
Кормили животных два раза в сутки, пробы рубцового содержимого у коров брали десять раз: до кормления и через 2,3,4,5 часов после приема корма. Пробы корма, кала и мочи для исследования брали по общепринятым методикам.				Коэффициенты, %										
Азот определяли по Кьельдалю, аммиак - по Конвею, кальций магний - комплексометрически, калий - методом пламенной фотометрии, концентрацию водородных ионов - на приборе рН-340.				использования азота корма				69,4	81,2	76,7				
Результаты исследований				использования усвоенного азота				26,8	34,5	40,3				
У коров в первый период опыта отмечен высокий уровень по ступления калия с объемистыми кормами, преимущественно с силосом (77% от всего количества в суточном рационе). При высоком коэффициенте усвоения калия, равном 97,2%, организм коров с избытком обеспечивался этим элементом с ретенцией в тканях 5,46 на 1 ц живой массы. При таком кормлении наблюдались нормальные показатели азотистого обмена с положительным суточным балансом азота в организме (табл.1).				использования азота на молоко				14,9	16,6	19,1				
Концентрация общего азота в рубцовой жидкости и моче колебалась на уровне физиологической нормы. То же относится и к содержанию аммиачного азота в этих жидкостях.				Концентрация азота, мг %:										
Во второй период опыта при уменьшении доли объемистых кормов в рационе за счет увеличения концентратов, богатых легко переваримым протеином, изменился уровень поступления азота и минеральных веществ (табл.2). По сравнению с первым периодом коровы меньше получали калия и серы. Одновременно возрастал уровень поступления кальция и фосфора. При таком рационе достоверно увеличивалась концентрация общего азота в рубцовой жидкости коров. Рез почки выделялось больше азота при повышенном содержании моче общего и аммиачного азота. Как в рубцовой жидкости, так в моче изменялась реакция среды, свидетельствующая о некотором сдвиге ионного равновесия в кислую сторону. Азотистый обмен проходил на высоком уровне с большим напряжением для организма.				в рубцовой жидкости				52,6	75,4	51,2				
				в моче				1085,0	1413,0	1116,2				
				Концентрация аммиачного азота, мг %:										
				в рубцовой жидкости				17,7	26,7	18,2				
				среднесуточная										
				максимальная				30,3	38,0	29,9				
				в моче				24,0	60,1	43,2				
				Суточный баланс азота, г				+9,9	+64,6	+43,7				
				Ретенция азота на 1 ц живой массы, г				1,70	11,33	7,65				
				В третий период опыта при кормлении коров зеленым кормом в организм поступало достаточное количество азота и минеральных веществ. Отмечен более высокий уровень поступления кальция и фосфора по сравнению с первым зимним периодом опыта (табл.2). Хорошее усвоение азота и минеральных веществ из летнего корма коровами создавало условия для полного обеспечения организма и резервирования в тканях. Так, суточный баланс кальция и фосфора у коров летом был положителен и составлял соответственно 34,7 и 22,6 г. Перевод животных на летний корм улучшал и обмен азота в организ-										

Таблица 2

Суточное поступление азота и минеральных веществ с кормами у коров

Состав рациона	Количество корма, кг	Поступило, г					
		азот	кальций	калий	фосфор	сера	магний
Первый период							
Сено	2,3	31,6	11,4	25,0	7,4	2,8	5,4
Силос	30,1	160,3	43,4	130,6	21,1	12,8	23,3
Комбикорм	3,0	67,5	20,6	9,1	20,1	2,0	4,6
Щрот	1,0	61,6	6,0	5,1	10,5	0,8	3,7
Всего		321,0	81,5	169,7	59,1	18,4	37,1
Второй период							
Сено	2,9	37,8	13,3	32,4	8,0	2,4	4,4
Силос	12,0	45,3	22,5	44,7	10,8	3,5	11,3
Комбикорм	5,9	132,7	40,5	17,9	39,6	3,9	9,1
Щрот	5,7	349,5	34,7	29,2	60,6	4,7	21,4
Всего		365,3	111,1	124,2	119,0	14,5	46,2
Третий период							
Трава	40,2	237,2	127,3	169,6	63,8	12,0	36,2
Комбикорм	3,0	67,5	20,6	9,1	20,7	2,0	4,6
Щрот	1,0	61,6	6,0	5,1	10,7	0,8	3,7
Всего		366,3	154,0	183,8	95,1	14,7	44,5

ме, уменьшая концентрацию азота в моче и уровень аммиачного азота в рубцовой жидкости, повышая степень усвоения и использования усвоенного азота (табл.1).

Овцы в первый зимний период опыта получали с сеном и комбикормом достаточное количество минеральных веществ. В основном они поступали с суточной нормой сена (табл.3). Показатели азотистого обмена у овец в этот период находились в пределах физиологической нормы при положительном суточном балансе азота и ретенции его в тканях тела, равной 39,7 г на 1 ц живой массы (табл.4),

Таблица 3

Поступление азота и минеральных веществ с кормами у овец

Состав рациона	Количество корма, кг	Поступило, г					
		азота	кальция	калия	фосфора	серы	магния
Первый период							
Сено	0,867	11,44	4,44	5,73	1,76	0,23	1,26
Комбикорм	0,300	6,84	3,29	2,00	1,62	0,03	0,39
Всего		18,28	7,73	7,73	3,38	0,26	1,65
Второй период							
Сено	0,425	5,60	1,60	2,89	0,57	0,09	0,90
Комбикорм	0,600	13,02	2,90	3,53	1,57	0,06	1,45
Всего		18,62	4,50	6,42	2,14	0,15	2,35
Третий период							
Трава	4,600	29,26	4,78	19,68	1,33	0,29	2,71

Во второй зимний период при увеличении доли концентрированных кормов в рационе овцы получали меньше кальция, калия, фосфора и серы. Показатели азотистого обмена при таком кормлении ухудшились. Больше выводилось азота с мочой (63,9% ко всему выведенному из организма азоту против 56,4% в первом периоде). Суточный баланс азота хотя и был положителен, но ретенция его в тканях тела

Таблица 4

Показатели азотистого обмена у овец

Показатели	Периоды опыта		
	первый	второй	третий
Коэффициенты, %:			
усвоения азота корма	72,0	69,9	83,8
использования азота корма	36,2	16,9	43,1
использования усвоенного азота	50,2	24,2	51,7
Концентрация аммиачного азота в моче, мг %	20,0	29,6	17,8
Доля выведенного азота через почки, %	56,4	63,9	70,0
Суточный баланс азота, г	+6,22	+3,15	+12,62
Ретенция азота на 1 ц живой массы, г	18,5	9,46	39,7

уменьшилась до 9,46 г на 1 ц живой массы (табл.4).

В третий, летний, период опыта овцы по сравнению с первым зимним значительно меньше получали с кормами кальция и фосфора. При этом более чем вдвое увеличилось поступление калия. Показатели азотистого обмена у овец в летний период опыта находились на уровне физиологической нормы при положительном азотистом балансе и повышенной ретенции азота в тканях тела, равной 39,7 г на 1 ц живой массы (табл.4).

Обсуждение результатов исследования

Известно, что недостаточная обеспеченность животных фосфором ведет к ухудшению переваримости и использованию питательных веществ из-за снижения активности ферментативных процессов в организме. Давая лактирующим коровам фосфорные подкормки, С.А. Юргин [11] наблюдал улучшение переваримости питательных веществ по сравнению с контролем.

В наших исследованиях у коров наблюдается повышение степени использования азота на синтез молока с 14,9% в первом периоде опыта до 16,6 - во втором и 19,1% - в третьем, что обусловлено

повышением уровня поступающего фосфора с кормами. В то же время избыток фосфора в рационе при концентратном типе кормления во втором периоде опыта угнетает усвоение кальция и увеличивает его выведение из организма коров с 3,6 до 4,4 г. Это обусловлено изменением отношения кальция к фосфору в кормах до 0,9:1 вместо 1,5-2:1, являющимся оптимальным для рационов жвачных животных. Превышение кальция над фосфором также ведет к нарушениям азотистого обмена, увеличивает выведение из организма азота в виде аммиака и мочевины, снижает степень использования азота корма [4]. Однако наблюдаемое превышение кальция над фосфором (при отношении их 3,6:1) в кормах летнего рациона у овец не оказало значительного отрицательного действия на их азотистый обмен.

Значительное внимание уделяется изучению влияния серы на азотистый обмен жвачных [6,20]. При дефиците серы в кормах овец подкормка сульфатами способствует повышению поедаемости кормов, степени переваримости клетчатки и протеина, депонированию серы в организме [12], положительно сказывается на обмене кальция и фосфора [7]. Лучшим соотношением азота и серы в кормах считается 6 к 1 [2], а в тканях организма - 15 к 1 [15]. В наших исследованиях этот показатель в кормах рационов выше и по периодам опыта у коров составляет 17:1 - 39:1 - 25:1, у овец соответственно 70:1 - 24:1 - 102:1. Но тем не менее в рубцовой жидкости коров соотношение азота и серы приближается к указанной оптимальной величине и составляет по периодам опыта 8:1 - 16:1 - 8:1.

По соотношению серы и азота в моче можно судить о состоянии азотистого обмена у жвачных животных. Выведение серы 0,4-0,8 частей на 15 частей выводимого с мочой азота характеризует оптимальные условия азотистого обмена в организме. При недостатке серы в кормах отношение ее к азоту в моче меняется в сторону уменьшения серы. На 15 частей выводимого азота приходится всего 0,17 частей серы. Это так называемый метионин-сберегающий эффект в печени животных [5]. В наших исследованиях подобное явление наблюдается у овец в летний период опыта, когда на 15 частей азота в моче приходится всего 0,05 частей серы, хотя поступление ее с кормами в этот период опыта не ниже, чем зимой, когда этот показатель приближается к норме (0,2 и 0,9 соответственно в первый и второй период). Возможно, летом при более высоком уровне азотистого обмена и выведении с мочой сравнительно большого количества азота соотношение серы и азота в моче иное, что обусловлено экономией серы в организме овец.

Обмен азота связан также с калием и магнием. Магний стимули-

рует процессы синтеза и улучшает усвоение азота [10], что мы наблюдаем у коров во втором и третьем периодах опыта, когда магния поступает больше, чем в первый период. Увеличение поступления магния в летний период до 2,71 г в сутки улучшает азотистый обмен у овец по сравнению с первым зимним периодом.

При повышении аммиачного азота в рубце и крови коров наблюдается уменьшение магния в рубце [13]. В наших исследованиях с увеличением поступления азота с кормами отмечено снижение усвоения магния, однако концентрация его в рубцовой жидкости остается на уровне 5,52-6,60 мг%.

Снижение содержания калия в кормах рациона жвачных животных, как известно, приводит к сдвигу ионного равновесия в кислую сторону. В опытах при переводе коров на концентратный тип кормления наблюдается нарушение соотношения азота и калия (с 1,9-2,0:1 до 4,6:1). Ухудшаются процессы рубцового метаболизма, на что указывает повышение в рубцовой жидкости коров как среднесуточной концентрации аммиачного азота с 17,7 до 26,7 мг%, так и максимальной с 30,3 до 38,0 мг% с одновременным снижением pH среды. При высоком уровне поступления азота с кормами рациона и ретенции в тканях организма большое количество его выводится в виде аммиачного азота, концентрация которого в моче достоверно ($P < 0,01$) повышается с 24 до 60,1 мг%. Вместо катиона калия через почки коров выводится аммонийный катион.

То же самое наблюдается при переводе овец на концентратный тип кормления. При том же уровне поступления азота с кормами, что и в первом периоде опыта, но в основном за счет комбикорма у овец в рационе изменяется отношение азота к калию с 2,4:1 до 2,9:1. При этом уменьшается степень использования азота от принятого с кормом с 36,2 до 16,9%, от усвоенного азота - с 50,2 до 24,2%, т.е. более чем в два раза. Это в свою очередь отрицательно сказывается на суточном балансе азота и резервировании его в тканях организма.

В летний период опыта при кормлении животных зеленым кормом богатым по сравнению с зимними легкоусваиваемыми органическими и минеральными и биологически активными веществами, происходит улучшение общего и азотистого обмена в организме. Высокое содержание калия в зеленом корме способствует максимальному резервированию в тканях тела. Увеличивается также ретенция фосфора в организме животных, что свидетельствует о более доступной форме соединений фосфатов в зеленом корме по сравнению с зимним. При том же уровне поступления азота, что и в первый зимний

период опыта, усвоение и использование азота, а также и ретенция его в тканях тела летом увеличиваются. Улучшаются процессы рубцового метаболизма у коров, что проявляется как в уменьшении концентрации аммиачного азота в рубцовой жидкости с 26,7 до 18,2 мг%, так и максимальной концентрации его с 38,0 до 19,9 мг%. У овец в летний период при большем поступлении азота с кормом повышается количество калия более чем в два раза, магния - в полтора раза по сравнению с зимним периодом. Это положительно сказывается на азотистом обмене животных. Ретенция азота у овец увеличивается с 3,22 до 39,70 г на 1 ц живой массы, а степень использования усвоенного азота корма - с 36,2 до 43,1% по сравнению с первым зимним периодом опыта.

В проведенных исследованиях установлена отрицательная зависимость между количеством калия, полученного с кормами рациона, и выведением аммиачного азота с мочой из организма коров и овец (рис.1). Коэффициент корреляции (r) между этими показателями достоверен и равен $-0,77 \pm 0,15$ у коров и $-0,68 \pm 0,16$ у овец.

Таким образом, из результатов приведенных исследований видно, что при увеличении доли концентрированного корма в рационе до 65-76% от общей его питательности нарушаются соотношения между азотом и минеральными веществами, в частности между азотом и калием, азотом и кальцием, а также между минеральными элементами: кальцием и фосфором, калием и фосфором. Эти нарушения

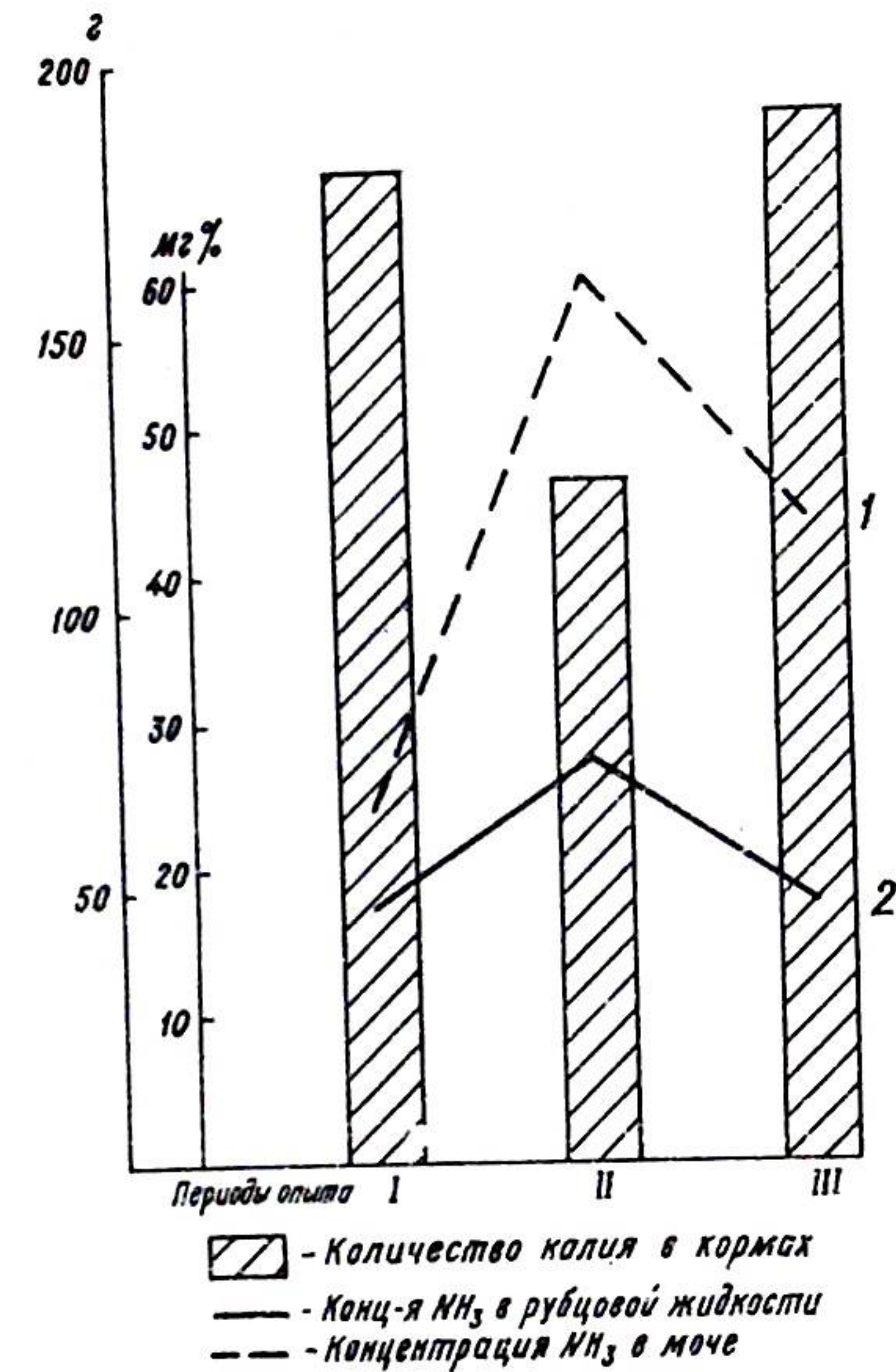


Рис. Зависимость концентрации аммиачного азота в рубцовой жидкости и моче животных от уровня поступления калия с кормами рациона (по основной оси ординат - количество калия, по дополнительной - концентрация аммиачного азота: 1 - в моче, 2 - в рубцовой жидкости).

неблагоприятно влияют на азотистый обмен жвачных животных, рубцовый метаболизм, вызывают потери азота корма, уменьшают степень его использования. Поэтому такой тип кормления является нежелательным. Наиболее благоприятным в зимних рационах жвачных является следующее отношение азота к минеральным элементам: к калию 2:1, к кальцию 3-4:1, к фосфору 4-5:1 и к магнию 8-9:1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волик В.Г., Пташкин А.А. Влияние уровня фосфора на использование азота рациона у овец. - "Бюл. Всесоюз. НИИ физиол. биохимии с.-х. животных", 1968, вып.1.
2. Каленюк В.Ф., Шманенков Н.А. Обмен серы и азота лактирующих коз в связи с добавлением в рацион серусодержащих соединений. - Там же, вып.4(12).
3. Клиценко Г.Т. Минеральное питание с.-х. животных. Киев "Урожай", 1975.
4. Кириллов А.С. Использование овцами азота корма при избытке в рационе кальция. - "Сб. науч. работ Курганского с.-х. ин-та", 1968, вып.12.
5. Логинов Г.Б. и др. Соотношение серы к азоту в моче, как показатель азотистого обмена у жвачных. - Тезисы докл. Всесоюз. совещания, ч.1. Борск, 1973.
6. Минахин А.П. Обмен азота и серы при скармливании овцам сульфата аммония. - "Бюл. Всесоюз. НИИ физиол. и биохимии с.-х. животных", 1967, вып.1.
7. Одынец Р.Н., Перелыгина Б.С., Моссорова Р.В., Исмаилова У. Влияние разного уровня серы на обмен азота, минеральных веществ и продуктивность овец. - "Изв. АН КиргССР", 1975, № 2.
8. Рацене Л.А. Опыт по обмену веществ и переваримости корма у дойных коров бурой латвийской породы. - "Труды Латв. НИИЖ и ветеринарии", 1966, т.19, Наука-животноводству, 3. "Зинатне".
9. Сипавичюте А.А. Обмен азота и минеральных веществ высокопродуктивных коров. - "Труды Литовск. НИИЖ и ветеринарии", 1959, т.1У.
10. Хмельницкий Г.А., Макаренко Н.П. Обменные процессы в организме высокоудойных коров, получавших длительное время

карбамид с кормом. - "Науч. труды Укр. с.-х. акад.", 1976, вып.193.

11. Юргин С.А. Переваримость и использование питательных веществ рационов лактирующими коровами при разных фосфорных подкормках. - Материалы симпозиума молодых ученых СНИИЖ. Новосибирск, 1968.

12. В г а у А.С., Н е м с л е у J.A. Sulphur metabolism. IV. The effect of a varied dietary sulphur content on some body fluid sulphate levels and on the utilization of urea-supplemented roughage by sheep. - "Austral. J. Agric. Res.", 1969, 20, 4.

13. Ј о р и Ђ е к J. Odnos kalcija, magnezija i amonijaka u krmiva koje su hranjene lešcem šećerne repe. - "Veterin. arch.", 1969, 39, 8.

14. R o b i n s o n D.W. The influence of sulphur, sodium, chloride and nitrogen supplements on the nitrogen balance of merino sheep in North Western Australia. - "Brit. Vet. J.", 1970, 126, 9.

15. W h a n g e r P.D. Sulphur in ruminant nutrition. Metabolism and importance. - "Sulphur Inst. J.", 1968-1969, 4, 4.

КОНЦЕНТРАЦИЯ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В КРОВИ И МОЧЕ ОВЕЦ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ ИОННОГО РАВНОВЕСИЯ В ОРГАНИЗМЕ

А.Ф.Симаков, Н.Е.Кочанов

Концентрация большинства свободных аминокислот в плазме крови овец повышается при увеличении протеина в рационе. Полное исключение протеина из рациона, в котором источником азота является мочеви́на, наоборот, ведет к понижению аминокислот, за исключением глицерина и серина [7].

Прямая зависимость от условий белкового питания жвачных животных установлена также и состояния ионного равновесия в организме [1,2]. В нашу задачу входило исследование влияния состояния ионного равновесия на концентрацию свободных аминокислот в сыворотке крови и моче овец.

Материал и методика

Под опыт были поставлены три валуха романовской породы с массой тела 33,39,41 кг в возрасте 2-3 года. Весь опыт состоял из трех периодов, в течение которых животные получали различные рационы (табл.1).

Таблица

Состав рационов по периодам

	Периоды		
	первый	второй	третий
Сено, кг			0,5
Травяная мука, кг	2,0	0,5	-
Комбикорм, кг	0,3	-	0,6
Аммоний хлористый, г	0,3	0,6	15
Соли органических кислот, г	-	15	25
Переваримый протеин, г	-	-	115,4
Содержание протеина в сухом веществе, %	130,5	105,6	17,8
Протеиновое отношение	18,7	18,7	3,9
	4,5	3,9	

Пробы крови брали из яремной вены до утреннего кормления, мочи - в течение трех суток. Определение аминокислот после экстрагирования проводили на автоматическом анализаторе типа ААА-881.

Результаты исследований

В первый период опыта условия кормления обеспечивали в организме животных нормальное состояние ионного равновесия. В крови при рН 7,40 концентрация бикарбонатов (щелочного резерва) составляла 24,1 мэкв/л, органических анионов - 22,0 мэкв/л. При этом в сыворотке крови наблюдалось высокое содержание таких незаменимых аминокислот, как аргинин, валин, лизин, и заменимых - глицин, аланин и глутаминовая кислота (табл.2). Концентрация большинства аминокислот в сыворотке колебалась в небольших пределах, за исключением глицина, уровень которого имел значительный размах колебаний в зависимости от индивидуальных особенностей (С.У. = 23%). Все эти свободные аминокислоты, очевидно, находятся в диссоциированном состоянии, и большинство из них, как амфолиты, выполняет буферную роль, не изменяя реакции среды. Такие диаминокислоты, как лизин и аргинин, могут быть органическими катионами, хотя их содержание весьма незначительно (0,47 мэкв/л). С другой стороны, аспарагиновую и глутаминовую кислоты следует относить к органическим анионам, их доля (0,3 мэкв/л) составляла всего 1,3% суммы органических анионов крови.

Определенную роль в регуляции уровня аминокислот в крови играют почки. При нормальном состоянии обмена веществ аминокислоты из первичной мочи реабсорбировались, поэтому выделялись с мочой в очень небольших количествах (табл.3). Не выявлялись гистидин, аргинин и пролин. Концентрация глицина в моче была в пять раз выше, чем в плазме крови. Аланин, серин, метионин также находились в моче в несколько большей концентрации, чем в плазме, содержание остальных кислот не превышало уровня их в плазме крови.

Количество общего азота в моче составляло 1351 мг%, в том числе на долю аммиачного азота приходилось 4,3%; аминного - 1,8%.

Роль диаминовых и дикарбоновых кислот, а тем более нейтральных, из-за малой концентрации в ионных отношениях мочи весьма незначительна. С щелочной мочой (рН 8,2) выделялось 34,5 мэкв/л аммония, что составляло только 9% общей ионной концентрации.

Во второй период при уменьшении сена и исключении травяной муки в рационе и увеличении комбикорма с добавлением хлорида аммония в организме опытных животных был вызван сдвиг ионного равновесия в сторону кислотности. Явления экспериментального ацидоза в крови выразились в снижении рН до 7,36, уровня бикарбонатов до

Таблица 2

Концентрация свободных аминокислот (мг%) в сыворотке крови овец

	Периоды		
	первый	второй	третий
Лизин	4,19 ⁺ 0,17	3,48 ⁺ 0,25	3,31 ⁺ 0,19
Аргинин	3,21 ⁺ 0,49	3,09 ⁺ 0,25	4,20 ⁺ 0,06
Аспарагиновая кислота	0,72 ⁺ 0,01	0,55 ⁺ 0,29	0,58 ⁺ 0,06
Треонин	1,38 ⁺ 0,13	1,67 ⁺ 0,21	1,94 ⁺ 0,27
Серин	1,49 ⁺ 0,16	1,16 ⁺ 0,09	1,31 ⁺ 0,36
Глутаминовая кислота	3,26 ⁺ 0,37	2,19 ⁺ 0,28	3,35 ⁺ 0,34
Пролин	2,28 ⁺ 0,27	2,31 ⁺ 0,19	3,36 ⁺ 0,42
Глицин	3,79 ⁺ 0,39	3,66 ⁺ 0,24	3,92 ⁺ 0,51
Аланин	3,94 ⁺ 0,19	2,66 ⁺ 0,34	2,85 ⁺ 0,27
Валин	3,64 ⁺ 0,06	2,40 ⁺ 0,21	2,83 ⁺ 0,19
Метионин	0,50 ⁺ 0,02	0,92 ⁺ 0,16	-
Изолейцин	1,16 ⁺ 0,10	0,86 ⁺ 0,09	1,03 ⁺ 0,16
Лейцин	2,17 ⁺ 0,04	1,37 ⁺ 0,15	1,49 ⁺ 0,27
Тирозин	1,70 ⁺ 0,01	1,44 ⁺ 0,23	1,52 ⁺ 0,17
Фенилаланин	1,16 ⁺ 0,01	1,00 ⁺ 0,06	1,09 ⁺ 0,13

20,4 мэкв/л и органических анионов до 8,2 мэкв/л.

При таких условиях обмена веществ наблюдалась общая тенденция к снижению в сыворотке крови овец уровня большинства аминокислот, за исключением метионина, треонина и пролина (табл.2). Более значительно уменьшалась концентрация лизина, глутаминовой кислоты, фенилаланина ($P < 0,05$), аланина ($P < 0,01$), валина, лейцина ($P < 0,001$), а содержание метионина и треонина достоверно увеличивалось ($P < 0,05$).

Таблица 3

Концентрация азота и свободных аминокислот (мг%) в моче овец

Аминокислоты и фракции азота	Периоды		
	первый	второй	третий
Лизин	1,14 ⁺ 0,11	0,78 ⁺ 0,18	0,75 ⁺ 0,15
Аспарагиновая кислота	0,74 ⁺ 0,32	0,68 ⁺ 0,17	0,84 ⁺ 0,07
Треонин	1,10 ⁺ 0,09	0,55 ⁺ 0,09	0,69 ⁺ 0,14
Серин	2,04 ⁺ 0,19	0,92 ⁺ 0,15	0,64 ⁺ 0,14
Глутаминовая кислота	1,27 ⁺ 0,18	1,39 ⁺ 0,16	1,63 ⁺ 0,35
Глицин	19,88 ⁺ 2,77	24,38 ⁺ 3,73	-
Аланин	4,65 ⁺ 1,66	-	-
Валин	1,78 ⁺ 1,68	0,86 ⁺ 0,19	1,20 ⁺ 0,19
Метионин	1,39 ⁺ 0,12	следы	следы
Изолейцин	0,08 ⁺ 0,10	следы	0,08 ⁺ 0,01
Лейцин	0,07 ⁺ 0,12	следы	следы
Тирозин	0,56 ⁺ 0,19	0,27 ⁺ 0,07	0,92 ⁺ 0,16
Фенилаланин	0,28 ⁺ 0,11	0,26 ⁺ 0,06	следы
Аминный азот	24,71 ⁺ 4,24	31,40 ⁺ 3,53	33,30 ⁺ 6,08
Аммиачный азот	58,60 ⁺ 12,2	218,60 ⁺ 36,3	175,00 ⁺ 24,5
Общий азот	1351 ⁺ 98,3	1076 ⁺ 130,7	1145,7 ⁺ 82,6

Не останавливаясь на аминокислотах-амфолитах, можно отметить, что при незначительном снижении уровня лизина и аргинина (0,42 мэкв/л) их значение как органических катионов осталось почти без изменений. При этом концентрация дикарбоновых аминокислот, особенно глутамата, была снижена до 0,19 мэкв/л. В связи со значительным уменьшением количества органических анионов в крови доля аминокислот в ней увеличена до 2,5%.

Таким образом, состояние ионного равновесия в организме оказывало некоторое влияние на межклеточный обмен аминокислот, что выразилось в изменении уровня большинства их в сыворотке крови животных.

При этом выводилась моча слабощелочной реакции. В ней уменьшились концентрации почти всех аминокислот, за исключением глутаминовой кислоты и глицина (табл.3). Метионин, лейцин, изолейцин видимо, полностью реабсорбировались из первичной мочи. Одновременно уменьшалась концентрация общего азота, в составе которой доля аммиачного азота достигла 20%, аминного - 3%. В ионных отношениях мочи катионы аммония составили 44% общей ионной концентрации, при снижении - доли катиона калия до 19%.

В третий период опыта при том же составе рациона, что и во второй период, вместе с комбикормом овцы получали соли органических кислот. Таким путем удалось в основном восстановить щелочной характер ионного равновесия в организме валухов, на что указывало повышение рН крови до 7,45, уровня бикарбонатов до 27,2 мэкв/л и органических анионов до 16,4 мэкв/л.

В сыворотке крови отмечалось незначительное увеличение концентрации почти всех аминокислот, за исключением лизина (табл.2) но достоверно увеличение только глутаминовой кислоты.

Органические катионы (лизин, аргинин) остались в тех же пределах. Количество дикарбоновых аминокислот достоверно увеличилось в основном за счет глутамата до 0,27 мэкв/л или 1,7% от суммы всех анионов.

В щелочной моче (рН 8,34) происходило увеличение концентрации катионов калия и анионов бикарбоната. В то же время уменьшалось выведение катионов аммония до 26% от общей ионной концентрации мочи. В общем азоте, концентрация которого несколько увеличена, доля аммиачного азота составляла 15%, а доля аминного азота осталась почти на том же уровне (табл.3). Концентрация большинства аминокислот незначительно увеличивалась или осталась на том же уровне.

Отсюда видно, что изменения в ионном равновесии в организме овец оказывают влияние на белковый аминокислотный обмен, что находит отражение в спектре аминокислот и фракциях азота крови мочи.

Обсуждение результатов

Наличие в крови свободных аминокислот в определенных количествах обусловлено двумя противоположно направленными процессами. С одной стороны, постоянное пополнение их идет вследствие всасывания из пищеварительного тракта и распада белков в клетках различных тканей организма. С другой - отмечается постоянный избирательный отбор аминокислот на синтез белковых молекул, различные метаболические реакции и на выведение некоторого избытка их через почки.

Организму жвачных животных с началом функционирования преджелудков свойствен щелочной характер ионного равновесия, который обеспечивается путем поступления с кормами рациона достаточного количества калия и создания при этом условий для синтеза бикарбонатов из CO_2 в стенке преджелудков [2]. В сыворотке крови овец, по данным первого периода опыта, выявлены все аминокислоты, но по концентрации можно их распределить в три группы: лизин, аргинин, глутаминовая кислота, глицин, аланин и валин - 3 мг% и более, треонин, серин, пролин, изолейцин, лейцин, тирозин и фенилаланин - от 1 до 3 мг%, аспарагиновая кислота и метионин - менее 1 мг%.

Аминокислоты хорошо реабсорбируются из первичной мочи в почках, поэтому при нормальном состоянии обмена веществ их концентрация в моче очень низкая. Для крупного рогатого скота характерно выведение глицина через почки в количестве, во много раз превышающем уровень его в крови [4]. Концентрация и суточное выделение аминокислот в моче жвачных особенно переменны сразу после рождения животного. В связи с переходом на растительный тип питания и определенной перестройкой функциональной способности почек к 4-6 месяцам аминокислотный спектр мочи становится характерным для взрослых жвачных [3].

Через почки исследуемых нами взрослых валухов с щелочной мочой выводится большинство аминокислот, за исключением гистидина, аргинина и пролина.

В организме коров и овец чаще всего наблюдается сдвиг ионного равновесия в сторону кислотности (ацидоза) при увеличении протеина и недостатке углеводов в рационе [2]. Состояние ацидоза овец оказывает некоторое влияние и на обмен аминокислот, усиливая, видимо, их распад. Об этом свидетельствует достоверное снижение концентрации лизина, глутаминовой кислоты, аланина, валина, лейцина и фенилаланина в сыворотке крови. Кроме того, наблюдается увеличение фракции аммиачного азота до 218 мг%, который выводится с мочой вместо более дефицитного калия.

При нормальном состоянии обмена веществ в почках происходит синтез глутамина и выделение его в кровь, а при сдвиге ионного равновесия в сторону ацидоза глутамин распадается на глутаминовую кислоту и аммиак, который принимает ион водорода и становится катионом аммония. Глутаминовая кислота используется в организме более рационально, поэтому ее концентрация в моче невысока. Известно, что распад аминокислот в организме в основном происходит через глутаминовую кислоту путем окислительного дезаминирования, а в состоянии ацидоза при недостатке углеводов происходит интенсивное использование ее на энергетические цели. Даже при обычных состояниях обмена веществ 60% глутаминовой кислоты идет на образование глюкозы [6].

Аминогруппа аланина легко переносится на глутаминовую кислоту с образованием глутамина, а остаток аланина используется для глюконеогенеза или в цикле трикарбоновых кислот, поэтому при ацидозе, когда аминокислоты усиленно выводятся через почки, вполне возможно снижение концентрации аланина в крови.

Почки активно удаляют из крови также цитруллин и выделяют в кровь почти столько же аргинина [5]. Благодаря высокой активности аргининсинтетазы почки могут обеспечивать организм значительным количеством аргинина эндогенного происхождения. С помощью аргиназы в печени из аргинина образуется орнитин и мочевины. Таким образом, аргинин, как и глутамин, может служить носителем азота между почкой и печенью. Этим, видимо, объясняется сохранение концентрации аргинина в крови на одинаковом уровне при различных состояниях обмена веществ.

Лизин является наиболее инертной в обменном отношении аминокислотой, поэтому синтез его в организме не происходит. Путь катаболизма его довольно сложный, но в результате распада из шести атомов углерода четыре превращаются в ацетил-КоА, который включается в трикарбоновый цикл. Достоверное снижение концентрации лизина при сдвиге ионного равновесия в сторону ацидоза указывает на преобладание распада этой кислоты в организме.

Распад фенилаланина в организме происходит через тирозин. В наших опытах отмечено достоверное снижение концентрации фенилаланина в сыворотке крови овец при ацидозе, тогда как уменьшение тирозина мало выражено.

Лейцин обладает сильно выраженным кетогенным свойством. Достоверное снижение его концентрации в крови овец при сдвиге ионного равновесия в сторону кислотности, возможно, и вызвано активированием ферментов, способствующих распаду лейцина.

Существует конкурентное взаимоотношение трех аминокислот: избыточное количество лейцина вытесняет из тканей изолейцин, а валин, наоборот, способствует накоплению изолейцина. По концентрации аминокислот в крови и моче трудно выявить эти взаимоотношения, так как относительные количества их изменяются одинаково: снижение при явлениях ацидоза и повышение при нормализации ионного равновесия в организме овец.

Включение солей органических кислот в рацион жвачных животных нормализует состояние ионного равновесия в организме. Катаболизм аминокислот происходит в меньшей степени, так как отмечается тенденция к повышению концентрации большинства аминокислот в сыворотке крови. Достоверное увеличение содержания глутаминовой кислоты в сыворотке крови и некоторое снижение аммиачного азота в моче дают основание судить также и о нормализации азотистого обмена в организме овец.

Выводы

1. При нормальном состоянии ионного равновесия в организме овец концентрация аргинина, валина, лизина, глицина, аланина и глутаминовой кислоты в сыворотке крови находится в пределах 3-4 мг%, метионина и аспарагиновой кислоты - 0,5-0,7 мг%, остальных аминокислот - 1-2 мг%.

2. При сдвиге ионного равновесия в организме овец в сторону кислотности происходит уменьшение концентрации лизина, глутаминовой кислоты, фенилаланина, валина, лейцина в сыворотке крови. Доля аммиачного азота в общем азоте мочи возрастает.

3. Нормализация ионного равновесия введением солей органических кислот в рацион сопровождается снижением интенсивности распада аминокислот. При этом в крови достоверно увеличивается концентрация глутаминовой кислоты. В моче подопытных животных происходит уменьшение катионов аммония.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Г.М. Показатели белкового обмена овец при изменении ионного равновесия в организме. - В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974.
2. Кочанов Н.Е. Кислотно-щелочное равновесие у жвачных животных. Л., "Наука", 1974.
3. Симанов А.Ф. Содержание аминокислот в крови и моче коров. - Мат-лы науч. конф. Ин-та биологии. Сыктывкар, 1971.
4. Симанов А.Ф. Выделение свободных аминокислот с мочой телят. - Материалы 3-й Коми респ. молодежной науч. конф., 1969.
5. Bergman E.N. a.oth. Renal metabolism of amino acids and ammonia in fed and fasted pregnant sheep. - "Amer.J.Physiol.", 1974, 226, 4.
6. Egan A.R., Black A.L. Glutamic acid metabolism in the lactating dairy cow. - "J.Nutr.", 1968, 96.
7. Schelling G.T. a.oth. Effect of dietary protein levels, amino acid supplementation and nitrogen source upon the plasma free amino acid concentrations in growing lambs. - "J. Nutrition", 1967, 92, 3.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ РАЦИОНА НА УСВОЯЕМОСТЬ АМИНОКИСЛОТ И ПОЛИПЕПТИДАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ В ХИМУСЕ ОВЕЦ

А.Ф. Симаков, Л.П. Бадло

В настоящее время много внимания уделяется разработке способов наиболее рационального использования кормов в измельченном состоянии в виде гранул или брикетов. Скармливание измельченного корма вызывает некоторые изменения в деятельности пищеварительного аппарата: сокращается процесс жвачки, снижается интенсивность микробиологических процессов в преджелудках, меняется усвояемость питательных веществ [2]. В связи с этим была поставлена задача - выяснить суточную динамику аминокислот и полипептидазную активность в химусе двенадцатиперстной кишки овец, усвоение аминокислот и азота в зависимости от структуры рациона.

Материал и методика

Опыты проводили методом периодов на трех овцах с живой массой 32-38 кг, которым на тонкий отдел кишечника были наложены анастомозы по А.Д. Синешкову. В первый период овцы получили 2 кг сена и 300 г комбикорма, во второй - 1 кг гранулированного корма и 200 г комбикорма. В конце каждого периода проведены балансовые опыты с суточным учетом химуса, протекающего через анастомоз.

В пробах кормов, кала и химуса определяли общий и небелковый азот по Кьельдалю, полипептидазную активность по приросту глицина в микрограммах в минуту (усл.ед.) по Муру и Стейну в модификации А.М. Уголева и Н.М. Тимофеевой [3]. Свободные аминокислоты в пробах после экстрагирования разделяли на автоматическом анализаторе аминокислот ААА-881.

Результаты исследований

В первом периоде животные поедали в среднем 867 г сена и 300 г комбикорма. В рационе содержалось 935 г сухого вещества,

в том числе 114,3 г сырого протеина, 33,9 г незаменимых и 70,6 г заменимых аминокислот с высокой долей глутаминовой кислоты и пролина (табл.1).

Таблица 1

Поступление, выделение аминокислот и коэффициенты их усвояемости у овец в первый период опыта

Аминокислоты	Поступило,г	Выделено,г	Коэффициенты усвояемости, %
Лизин	5,98 ⁺ _{-0,36}	2,82 ⁺ _{-0,58}	52,84
Гистидин	1,89 ⁺ _{-0,06}	0,42 ⁺ _{-0,09}	77,77
Аргинин	7,29 ⁺ _{-0,35}	2,05 ⁺ _{-0,25}	71,87
Аспарагиновая кислота	2,98 ⁺ _{-0,14}	4,78 ⁺ _{-0,60}	-
Треонин	3,75 ⁺ _{-0,20}	3,40 ⁺ _{-0,83}	9,39
Серин	7,28 ⁺ _{-0,38}	3,79 ⁺ _{-0,80}	47,93
Глутаминовая кислота	18,58 ⁺ _{-0,77}	8,80 ⁺ _{-2,50}	52,63
Пролин	14,55 ⁺ _{-0,57}	4,54 ⁺ _{-1,56}	68,79
Глицин	6,73 ⁺ _{-0,80}	4,34 ⁺ _{-0,94}	35,51
Аланин	8,46 ⁺ _{-0,62}	5,91 ⁺ _{-1,22}	30,14
Валин	4,41 ⁺ _{-0,25}	3,72 ⁺ _{-1,75}	15,64
Метионин	1,51 ⁺ _{-0,08}	1,29 ⁺ _{-0,36}	14,56
Изолейцин	4,02 ⁺ _{-0,21}	3,03 ⁺ _{-0,73}	24,62
Лейцин	8,71 ⁺ _{-0,42}	4,86 ⁺ _{-1,33}	44,20
Тирозин	2,81 ⁺ _{-0,13}	1,78 ⁺ _{-0,57}	36,65
Фенилаланин	5,57 ⁺ _{-0,27}	2,92 ⁺ _{-0,90}	47,57
Сырой протеин	114,30	31,90	72,00
Сухое вещество	935,10	262,00	72,00

При кормлении сенно-концентратным рационом за сутки через анастомоз протекало в среднем 5,1 л химуса с содержанием в нем 284 г, или 5,6%, сухого вещества. Динамика поступления химуса преджелудков была неравномерной: перед утренним кормлением протекало значительно меньше химуса, чем после него. Количество химуса постепенно возрастало к шестому часу после кормления. При этом рационе животные получали 18,56 г азота, в том числе 15,18 г белкового и 2,51 г небелкового. За сутки через анастомоз прошло азота значительно меньше (9,62 г), в нем снизилась доля белкового до 4,96 г и возросла доля небелкового до 4,77 г.

Концентрация большинства аминокислот, за исключением лизина и аргинина, увеличивалась через три часа после утреннего кормления с последующим снижением ее почти до исходного уровня к шестому часу. Только содержание аспарагиновой кислоты было высоким перед приемом корма, но оно также постепенно снижалось к шестому часу после утреннего кормления. К девятому часу после кормления наблюдалась новая волна подъема концентраций всех свободных аминокислот в химусе кишечника. В вечернее время после кормления отмечалось увеличение концентрации изолейцина примерно в четыре раза. В содержании остальных аминокислот подъемы и спады менее выражены.

Динамика общего азота в химусе двенадцатиперстной кишки во многом сходна с изменениями концентраций свободных аминокислот. В соотношении белкового и небелкового азота в химусе в течение суток отмечались некоторые изменения. До кормления химус характеризовался более высоким содержанием белковой фракции азота, чем через три часа после кормления их соотношение выравнивалось, но при этом наблюдалась тенденция к снижению обеих фракций. Вечернее кормление вновь вызывало изменение соотношения фракций азота в химусе в сторону увеличения доли белкового, которое через три часа вновь выравнивалось и сохранялось до следующего приема корма.

Полипептидазная активность химуса двенадцатиперстной кишки характеризовалась значительными подъемами и спадами. Пики максимальной активности отмечались через три и шесть часов после утреннего кормления ($270 \pm 6,9$ и $169 \pm 1,1$ усл.ед. соответственно). Новый подъем ферментативной активности наблюдался за час до вечернего кормления (206 ± 10 усл.ед.). В вечернее и ночное время она была ниже ($37,6 \pm 3,5$ усл.ед.) и держалась почти на одном уровне, вновь увеличиваясь к утреннему кормлению ($84,6 \pm 3,5$ усл.ед.).

Переваримость сухого вещества и сырого протеина составляла 72%, но усвояемость отдельных аминокислот из кормов сенно-концентратного

рациона весьма различна (табл.1). Наиболее высокие коэффициенты усвояемости наблюдались по гистидину и аргинину. Хорошо усваивался пролин, заметно слабее – треонин, метионин, валин. Остальные аминокислоты всасывались в пищеварительном тракте на 35–52%. Только аспарагиновой кислоты выделилось с калом больше, избыток ее составил 1,8 г в сутки.

Во втором периоде за сутки животные поедали 880 г гранулированной травяной муки и 200 г комбикорма. С этим рационом поступало 829 г сухого вещества, содержащего 117,9 г протеина, следовательно, замена в рационе сена на гранулы не оказала существенного влияния на содержание сухого вещества и сырого протеина. При этом такие аминокислоты, как гистидин, аспарагиновая кислота, треонин и цистин, поступали в несколько большем количестве, а метионин и пролин – в меньшем (табл.2), чем с сенно-концентратным рационом. Общая сумма незаменимых аминокислот составила 38,12 г, а заменимых – 89,95 г.

Объем химуса, протекающего через анастомоз, составлял 5,9 л в сутки с содержанием в нем 317 г, или 5,3% сухого вещества. Динамика химуса характеризовалась менее выраженной периодичностью подъемов и спадов.

Концентрация общего азота в химусе во втором периоде была выше, чем в первом. Наблюдалось небольшое увеличение концентрации общего азота через шесть часов после утреннего кормления с последующим постепенным снижением вплоть до вечернего кормления. Необходимо отметить, что динамика содержания белкового азота полностью совпадала с изменением общего азота, при этом фракции небелкового и аммиачного азота в течение суток сохранялись на одном уровне.

Динамика концентраций большинства аминокислот была подобна той, что мы наблюдали в первом периоде, причем подъемы и спады уровня аминокислот также были более заметны днем и сглажены ночью.

При включении гранулированного корма в динамике полипептидазной активности отмечались два пика: перед утренним и вечерним кормлением ($113,0 \pm 10,3$ и $193,6 \pm 10,5$ усл. ед. соответственно). В остальные часы суток она колебалась от 75 до 90,2 усл. ед.

Коэффициенты переваримости сырого протеина уменьшились на 10%, а сухого вещества – на 20% по сравнению с первым периодом (табл.2). Значительно хуже усваивались лизин, лейцин, гистидин и аргинин. В то же время треонин, серин, глютаминовая кислота, пролин, валин, тирозин и фенилаланин имели более высокие коэффициенты

Таблица 2
Поступление, выделение аминокислот и коэффициенты усвояемости их у овец во второй период опыта

Аминокислоты	Поступило, г	Выделено, г	Коэффициенты усвояемости, %
Лизин	5,45 ⁺ _{-0,42}	4,02 ⁺ _{-0,18}	26,23
Гистидин	2,66 ⁺ _{-0,45}	1,41 ⁺ _{-0,06}	46,99
Аргинин	8,73 ⁺ _{-0,60}	3,13 ⁺ _{-0,17}	64,14
Аспарагиновая кислота	6,39 ⁺ _{-0,53}	8,56 ⁺ _{-0,41}	-
Треонин	6,60 ⁺ _{-0,42}	4,91 ⁺ _{-0,21}	25,60
Серин	15,09 ⁺ _{-0,79}	5,79 ⁺ _{-0,27}	61,63
Глутаминовая кислота	21,83 ⁺ _{-1,33}	12,70 ⁺ _{-0,49}	41,82
Пролин	11,99 ⁺ _{-0,75}	7,16 ⁺ _{-0,75}	40,28
Глицин	8,11 ⁺ _{-0,61}	6,44 ⁺ _{-0,44}	20,59
Аланин	10,90 ⁺ _{-0,87}	8,39 ⁺ _{-0,27}	23,02
Валин	4,54 ⁺ _{-0,35}	3,71 ⁺ _{-0,13}	18,28
Метионин	1,09 ⁺ _{-0,08}	-	-
Изолейцин	4,87 ⁺ _{-0,36}	3,91 ⁺ _{-0,09}	19,71
Лейцин	9,60 ⁺ _{-0,71}	7,23 ⁺ _{-0,23}	24,68
Тирозин	3,42 ⁺ _{-0,24}	2,11 ⁺ _{-0,15}	38,30
Фенилаланин	6,03 ⁺ _{-0,51}	4,28 ⁺ _{-0,49}	29,02
Сырой протеин	117,9	44,1	62,59
Сухое вещество	829,0	400,2	51,72

Аспарагиновой кислоты выделилось через пищеварительный тракт на 1,17 г больше, чем поступало с кормами рациона.

Обсуждение результатов

Исследования показали, что напряженность пищеварения у жвачных животных зависит как от структуры рациона, так и от физичес-

кого состояния корма.

Измельченный корм вызывает увеличение количества химуса, проходящего через дуоденальный анастомоз, при сохранении содержания сухого вещества в нем. Это, видимо, вызвано увеличением скорости прохождения пищи. Подобное явление наблюдали в опытах на овцах, когда при даче измельченной и гранулированной травы время задержки корма в пищеварительном тракте снижалось на 50% [4]. По этой же причине переваривание сухого вещества гранулированного корма в преджелудках жвачных животных, очевидно, происходит в меньшей степени, чем неизмельченного.

Количество химуса, концентрация азотистых фракций и свободных аминокислот в нем в течение суток при кормлении сеном сильно колебались. После перехода на кормление измельченным кормом эти показатели стали менее переменными, что вызвано более равномерным поступлением пищи в кишечник.

При кормлении гранулами концентрация белкового азота в химусе была более переменной и выше, чем небелкового. Это обусловлено, вероятно, смыванием в сычуг мелких частиц корма, не подвергавшихся обработке бактериальной флорой в преджелудках. При употреблении измельченного корма соотношение белковой и небелковой фракций азота через три часа после кормления уравнивается, что указывает на деятельность симбионтов, населяющих рубец. Таким же ритмом повторяется и динамика концентраций большинства аминокислот, находящихся в химусе двенадцатиперстной кишки, одинакова в обоих периодах опыта. Но при кормлении гранулами периодичность в колебании концентраций ряда аминокислот более выражена, что связано, видимо, с поступлением свободных аминокислот в кишечник в больших количествах из-за пониженной интенсивности синтеза бактериальной флоры в рубце.

Динамика протеолитической активности в первый период значительно отличается от динамики ее во второй период. При кормлении сеном пики ее отмечали через три и шесть часов после кормления, последующим спадом к девятому часу и новым подъемом перед вечерним кормлением. После перехода на гранулированный корм таких резких колебаний ферментативной активности не наблюдалось, она сохранялась на одном уровне, за исключением пиков перед утренним и вечерним кормлением, что объясняется более равномерным поступлением белкового азота в двенадцатиперстную кишку [1].

При одинаковом поступлении протеина в рубец переваримость наблюдается при даче неизмельченного корма. Ухудше-

Выводы

1. При кормлении жвачных животных сено-концентратным рационом переваримость сухого вещества и сырого протеина составила 72%, усвояемость отдельных аминокислот колебалась в очень широких пределах. Объем химуса достигал 5,09 л в сутки с содержанием 5,6% сухого вещества. В суточной динамике полипептидазной активности химуса отмечались резкие колебания.

2. Переход на кормление животных измельченным кормом в виде гранул вызвал снижение переваримости сухого вещества, сырого протеина и ряда аминокислот. Объем химуса увеличился до 5,9 л с содержанием 5,3% сухого вещества. Полипептидазная активность характеризовалась относительным постоянством в течение суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ли В.В., Ли А.Ч., Сакимбаев А.С. Влияние полнорационных гранулированных кормов на продуктивность и процессы пищеварения у жвачных. - "Труды Кирг. НИИ животноводства и ветеринарии", 1974, вып. 23.
2. Синешекоев А.Д. Биология питания сельскохозяйственных животных. М, "Колос", 1965.
3. Уголев А.М., Тимофеева Н.М. Исследование пищеварительного аппарата у человека. Л., "Наука", 1969.
4. Hodgson J. The effect of the physical form of the diet on the consumption of solid food by Calves and the distribution of food residues in their alimentary tracts. - "Anim. Prod.", 1973, 12, 2

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОРМЛЕНИЯ ОВЕЦ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА

Л.П. Бадло, Г.М. Иванова

Нормальные пищеварительные процессы протекают при определенном химическом составе химуса, постоянство которого поддерживается в организме. Секреция протеолитических ферментов идет непрерывно даже тогда, когда в рационе в течение длительного времени отсутствует протеин [4]. Однако существуют пределы физиологических возможностей организма, поэтому при длительном недостатке того или иного компонента корма постоянство состава химуса нарушается. Уровень поступления протеина с кормом, его доступность для ферментов пищеварительного тракта оказывает большое влияние на активность протеолитических ферментов и обуславливает их деятельность [2,6].

В настоящей работе приводятся результаты изучения общей протеолитической активности ферментов в химусе и использования азота в зависимости от условий кормления.

Материал и методика

Опыты проведены методом периодов в двух повторностях на трех взрослых овцах романовской породы с живой массой 35 кг. В первый период животные получали в сутки по 2 кг сена и 0,3 кг комбикорма, во второй - соответственно 0,5 и 0,6 кг.

В каждом периоде проводили балансовый опыт и почасовой учет количества химуса, поступающего в двенадцатиперстную кишку через дуоденальный анастомоз, со взятием проб для последующего анализа. Химический состав, питательную ценность кормов, степень переваримости отдельных компонентов органического вещества корма определяли по общепринятым методикам. Азот анализировали по Кьельдалю, общую протеолитическую активность ферментов в химусе - по приросту глицина в микрограммах в минуту (усл.ед.) - по Муру и Стейну в модификации А.М. Уголева и Н.М. Тимофеевой [8], трансаминазную активность (ед/мл) - по Пасхиной.

В первый период опыта овцы получали рацион с умеренным количеством концентрированных кормов (32% от общей питательности кормовых единиц). Фактическая поедаемость кормов составила сена - 867 г, комбикорма - 300 г, воды - 2,1 л, поваренной соли - 8 г. В рационе содержалось 0,84 корм.ед. и 82,4 г переваримого протеина.

Во второй период опыта долю концентрированных кормов повысили до 66%. Фактически овцы поедали 425 г сена, 600 г комбикорма, 8 г поваренной соли и выпивали 2,65 л воды. Кормовых единиц в кормах рациона содержалось 0,82, переваримого протеина - 82 г.

С увеличением концентрированного корма в рационе овцы получали меньше клетчатки (табл.1). Соответственно уменьшилось отношение непротеиновой части к протеину (протеиновое отношение). Резкое изменение отношения безазотистых экстрактивных веществ клетчатке отрицательно сказалось на усвояемости последней из-за снижения активности целлюлозолитических бактерий в рубце. Во второй период опыта коэффициент усвоения клетчатки достоверно ($P < 0,01$) снизился с 66,8 до 53,6%. Остальные компоненты органического вещества корма, за исключением жира, также усваивались хуже, чем в первый период.

Положительный суточный баланс в организме овец и сравнительно высокая ретенция в тканях тела свидетельствуют о достаточном поступлении протеина с кормами и хорошем использовании азота (табл.1,2).

Азот корма овцами использовался лучше в первый период опыта. Коэффициент использования азота корма в первом периоде составил 36,2%, во втором - 17,9%, от усвоенного - соответственно 50,2 и 24,8%. Азот в основном выводился из организма овец через почки. В концентратном типе кормления с мочой выводилось больше азота. Если в первом периоде опыта этот показатель составил 56,4%, во втором - 63,8% всего выведенного азота (табл.2).

Исследованиями установлено, что количество азота, поступающего в кишечник, может быть больше или меньше азота корма. Это зависит от вида корма, количества и качества протеина в нем, доступности протеина корма для ферментов микрофлоры рубца. По данным А.Д. Синешкова [6] относительное поступление азота с химическим составом по сравнению с азотом корма у жвачных колеблется в пределах 89,8-125,0%. В наших опытах эта величина ниже и соответственно составляет по периодам опыта 52,6 и 69,2%.

Таблица 1

Питательная ценность рационов овец

Показатели	Периоды опыта	
	первый	второй
Поступило, г:		
сухого вещества	935,1	824,9
органического вещества	888,4	788,4
сырого протеина	114,3	116,5
сырого жира	19,5	19,0
сырой клетчатки	230,3	138,3
безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ)	524,3	514,9
Содержание в сухом веществе рациона, %:		
сырого протеина	12,2	14,1
клетчатки	24,6	16,8
БЭВ	56,1	62,0
Соотношение компонентов в рационе:		
клетчатка/протеин	2,0	1,2
БЭВ/клетчатка	2,3	3,7
БЭВ/протеин	4,6	4,4
протеиновое отношение	6,9	5,5
Коэффициент переваримости, %:		
органического вещества	74,0	65,4
протеина	72,1	69,9
клетчатки	66,8	35,6

Азот корма главным образом представлен белковым азотом. В первый период опыта он составляет 82,7% всего поступившего азота, во втором - 87,9%. В химусе двенадцатиперстной кишки овец соотношение белкового и небелкового азота меняется в сторону увеличения последнего. В первый период опыта доля небелкового азота от всего азота химуса составила 49,6%, во второй - 57,1%.

Таблица 2

Суточный баланс азота (г) и его ретенция у овец

Показатели	Периоды опыта	
	первый	второй
Принято с кормом	18,28	18,56
Выделено с калом	5,10	5,60
Переварено	13,18	12,96
Выделено с мочой	6,56	9,87
Выделено всего	11,66	15,47
Суточный баланс азота	+6,62	+3,09
Ретенция азота на 1 ц живой массы	18,50	8,70

Усвоение азота корма в преджелудках и кишечнике овец

Показатели	Первый период		Второй период	
	г	%	г	%
Принято с кормом	18,28	100,0	18,62	100,0
Обнаружено в химусе	9,62	52,6	12,88	69,2
Переварено в преджелудках	8,66	47,4	5,74	30,8
Выделено в кале	5,10	27,9	5,60	30,1
Переварено в кишечнике	4,52	24,7	7,28	39,1
Переварено всего	13,18	72,1	13,02	69,9

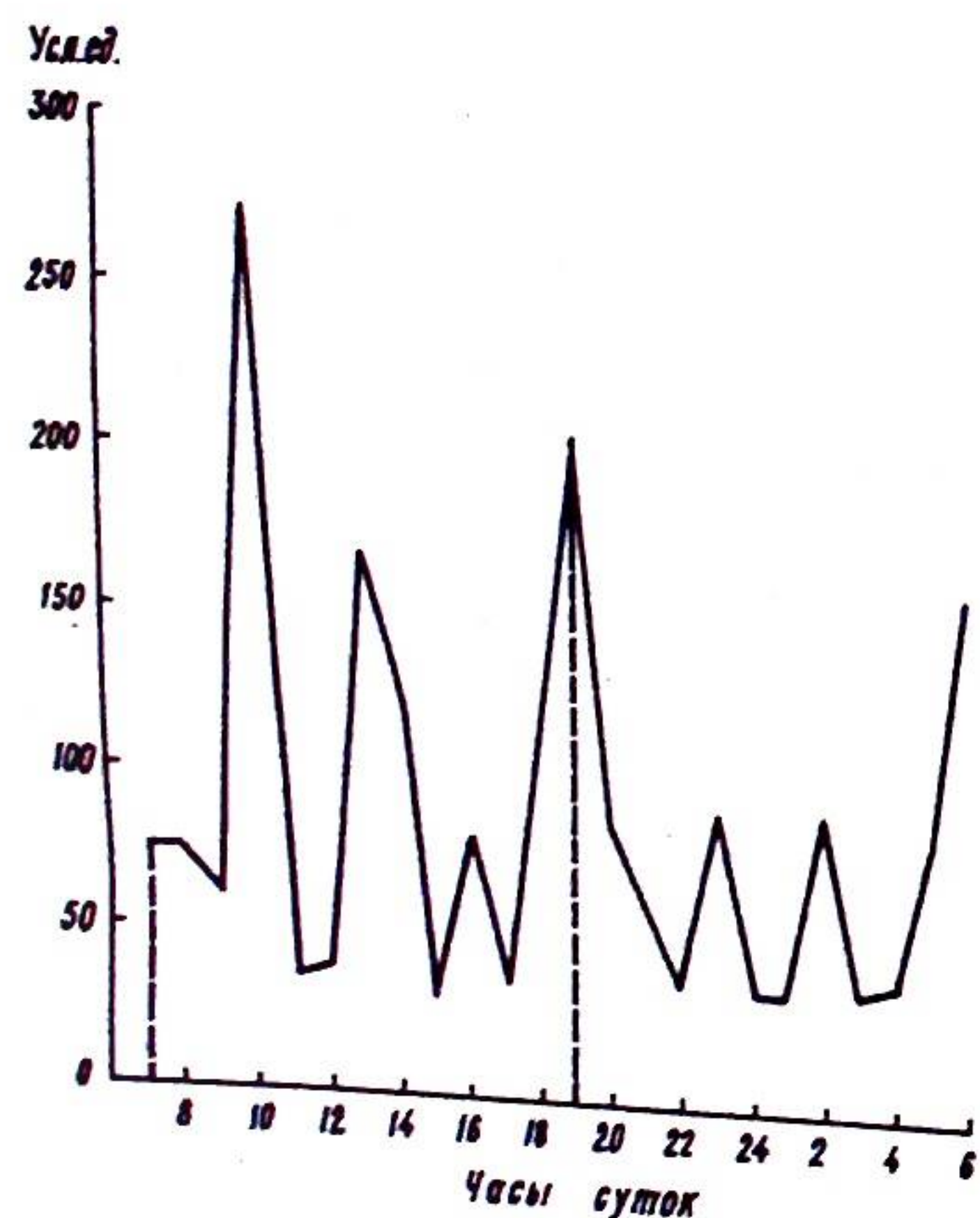


Рис.1. Суточная динамика протеолитической активности ферментов в химусе овец в первом периоде опыта

Общая протеолитическая активность ферментов у моногастрических животных зависит от поступления белка с кормом, а у полигастрических этот показатель дополнительно оказывают влияние процессы гидролиза и синтеза белка, протекающие в преджелудках [10]. Соотношение интенсивности этих процессов зависит от типа кормления животных. При концентратном типе кормления увеличение протеолитической активности ферментов в химусе у овец обусловлено более быстрым прохождением концентрированного корма через преджелудки и большей нагрузкой на последующие отделы пищеварительного тракта. Дополнительная дача концентрированных кормов в рацион, как показали исследования [6,9], усиливает пищеварение, но усвоение в преджелудках,

объясняется более быстрым переходом питательных веществ корма из желудка в кишечник.

Общая протеолитическая активность ферментов в химусе овец во втором периоде опыта достоверно ($P < 0,01$) повышена до $22,6 \pm 7,4$ усл.ед. по сравнению с первым периодом опыта. Этот показатель характеризуется более резкими колебаниями в течение суток (рис.1). При концентратном типе кормления животных протеолитическая активность ферментов в химусе первые часы после приема корма резко возрастает (рис.2). Это объясняется тем, что при увеличении легкопереваримого протеина за счет концентрированного корма усиливаются процессы протеолиза и синтеза бактериального белка в рубце овец, что и приводит к увеличенному поступлению белка в дуоденальный химус. В первые часы после кормления, несмотря на усиленный синтез белка, преобладает

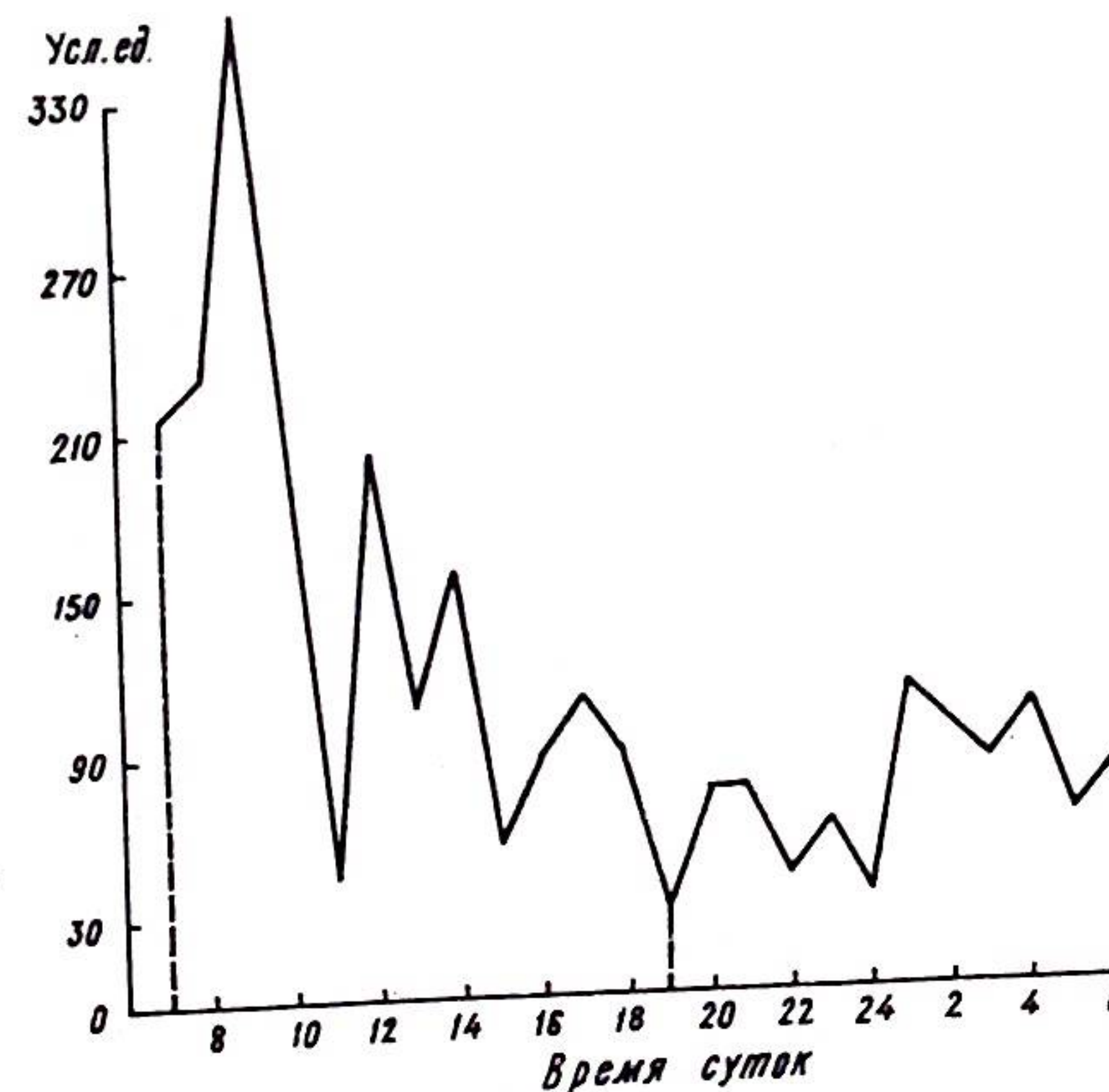


Рис.2. Суточная динамика протеолитической активности ферментов в химусе овец во втором периоде опыта (по оси ординат - протеолитическая активность, по оси абсцисс - время взятия проб химуса, прерывистые вертикальные линии - время кормления животных)

протеолиз и выделяющийся при этом азот не может полностью пользоваться микрофлорой. Значительная часть его теряется в виде мочевиного и аммонийного азота. Так, если в первый период опыта овцы с мочой выводили 7,4 мэкв. аммиака, то во второй 18,2 мэкв. В зависимости от времени пребывания корма в пищеварительном тракте пик протеолитической активности приходится на пятый и шестой час после утреннего кормления (табл.4).

Таблица 4

Протеолитическая активность в химусе овец (усл.ед.)

Время	Первый период		Второй период	
	утро	вечер	утро	вечер
До кормления	75,0 ⁺ 5,8	206,0 ⁺ 10,5	108,0 ⁺ 8,7	29,3 ⁺
Через 3 часа	270,0 ⁺ 6,9	37,6 ⁺ 3,5	47,0 ⁺ 2,9	42,3 ⁺
"- 6 "-	169,0 ⁺ 1,1	37,6 ⁺ 2,3	105,0 ⁺ 2,8	112,8 ⁺
"- 9 "-	80,8 ⁺ 6,3	159,0 ⁺ 7,3	89,3 ⁺ 3,6	105,7 ⁺

Во вторую половину дня, после вечернего кормления овец, ср. наступает резкое увеличение активности с последующим спадом и новым повышением к утреннему кормлению. При концентратном типе кормления среднесуточная активность ферментов в химусе выше, чем в первом периоде опыта, однако колебания ее в течение суток менее выражены, что, по-видимому, связано с более равномерным поступлением белков с химусом. Аналогичное явление наблюдалась в исследованиях других авторов [1,3].

При повышенной доле концентрированных кормов в рационе животных уменьшается поступление в организм органических кислот, вызывает нарушение реакций трикарбонового цикла и накопление тоновых тел в крови [7]. Дефицит метаболитов трикарбонового цикла стимулирует реакции переаминирования и дезаминирования аминокислот, о чем свидетельствует уменьшение концентрации свободных аминокислот в сыворотке крови [5] и увеличение трансаминазной активности у овец. В наших опытах трансаминазная активность в сыворотке крови овец в первый период опыта составила 54,3 ед/мл колебаниями от 40,5 до 61,1 ед/мл, а во втором периоде повысилась до 121,0 ед/мл, с колебаниями от 119,7 до 122,4 ед/мл ($P < 0,01$).

Таким образом, увеличение концентрированных кормов в рационе овец до 66% от общей питательности рациона в кормовых единицах вызывает напряжение ферментных систем организма, снижает одновременно степень использования азота корма, уменьшает суточный баланс его и ретенцию в тканях тела. Протеолитическая активность ферментов в химусе и трансаминазная активность в сыворотке крови овец при переводе их на концентратный тип кормления достоверно повышается с уменьшением использования азота в организме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев М.Г. Влияние разных режимов кормления на пищеварение у крупного рогатого скота. - В кн.: Физиология с.-х. животных. М., 1962.
2. Коршунов В.Н. Влияние уровня протеина в рационе на поступление азота в кишечник у овец. - "Бюл.ВНИИ физиол. и биохимии с.-х. животных", 1970, вып.4 (18).
3. Куимов Д.К. Секреторная деятельность поджелудочной железы у тонкорунных овец. - "Физиол.журн.СССР", 1953, т.39, № 4.
4. Курилов В.Н., Кроткова А.П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. М., "Колос", 1974.
5. Симаков А.Ф., Кочанов Н.Е. Концентрация свободных аминокислот в крови и моче овец при различных состояниях ионного равновесия в организме. В наст.сб.
6. Синещев А.Д. Биология питания с.-х. животных. М., "Колос", 1965.
7. Тулупов Г.В. Влияние условий кормления на динамику летучих жирных кислот в рубце овец. В наст.сб.
8. Уголев А.М., Тимофеева Н.М. Исследование пищеварительного аппарата у человека. Л., "Наука", 1969.
9. Nicholson J.W.G., Sutton J.D. The effect of feed composition and level of feeding on digestion in the stomach and intestines of sheep. - "Brit.J.Nutr.", 1969, 23.
10. Gorill A.D.L. a.oth. Proteolytic activity and in vitro enzyme stability in small intestinal contents from ruminants and nonruminants at differing ages. - "J.Nutr.", 1968, 96, 3.

ВЛИЯНИЕ СОЛЕВОЙ ПОДКОРМКИ НА АЗОТИСТЫЙ ОБМЕН И ПОЛИПЕПТИДАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ В ХИМУСЕ ОВЕЦ

Л.П. Бадло

Длительное содержание высокопродуктивных животных на концентратном рационе ведет к нарушениям обмена веществ. Одним из проявлений таких нарушений является сдвиг ионного равновесия в организме жвачных в сторону кислотности. Для нормализации метаболизма используются различные подкормки в виде органических солей (8).

Нами была изучена полипептидазная активность в химусе тонкого кишечника, уровень белкового и небелкового азота, а также динамика поступления химуса из сычуга в двенадцатиперстную кишку у овец при добавлении в концентратный рацион ацетата калия.

Материал и методика

Исследования проводили методом периодов на трех овцах с живой массой 37-40 кг. В первый период животные получали рацион, состоящий из 600 г комбикорма, 500 г сена и 8 г хлорида натрия. Во второй период к этому рациону добавляли 10 г ацетата калия. По опытным животным были наложены дуоденальные анастомозы по методике А.Д. Синещекова. С помощью специального приспособления вели учет химуса, проходящего через анастомоз еже часно в течение суток. Пробы для анализа брали через каждые три часа после кормления.

В дуоденальном химусе определяли полипептидазную активность по Муру и Стейну в модификации А.М. Уголева и Н.М. Тимофеевой, общий и небелковый азот - по Кьельдалю, трансаминазную активность в сыворотке крови - по Пасхиной и кетоновые тела - по Курялову.

Результаты исследований

В первый период овцы фактически поедали 425 г сена и 600 г

комбикорма. С кормами поступали все необходимые питательные вещества (табл.1).

Таблица 1

Содержание питательных веществ в рационе овец и их переваримость

Показатели	Первый период		Второй период	
	количество, г	коэффициент переваримости, %	количество, г	коэффициент переваримости, %
Сухое вещество	824,9	62,7	881,0	73,7
Орг. вещество	788,7	65,4	838,0	76,1
Протеин	116,5	69,9	120,6	79,9
Жир	19,0	58,4	20,4	70,6
Клетчатка	138,3	35,6	152,0	59,6
Б Э В	514,9	72,5	545,0	81,9

При этом хуже переваривалась клетчатка (35,6%), лучше - безазотистые экстрактивные вещества (72,5%). Высокой была переваримость протеина.

Наличие дуоденального анастомоза позволило нам условно разделить процесс пищеварения на преджелудковый и кишечный. При этом учтено суточное количество азота, поступившее с кормом и выделенное с калом (табл.2). Установлено, что через химус двенадцатиперстной кишки прошло меньше общего азота на 5,9 г, белкового на 10,6 г, а небелкового азота, наоборот, на 5,0 г больше, чем принято с кормом. Отсюда процент "усвоенного" в рубце общего азота равен 31,4, белкового 64,4. Прирост небелкового азота составил 200%. Процент "усвоения" азота в кишечнике достигал 56, белкового 20 и небелкового 94.

За сутки через дуоденальный анастомоз прошло 7,2 л химуса. На 1 кг сухого вещества, принятого с кормом, приходилось 8,6 л химуса. Наибольшее количество химуса проходило через три часа после кормления, в последующие часы отмечалось его уменьшение. Новый пик наблюдали за час до вечернего кормления, через три и шесть часов после кормления вновь произошел спад.

Количество белкового азота в химусе в дневное время сохранялось на одном уровне (рис.1). Вечером за час до кормления наблю-

Таблица 2

Показатели фракций азота (г) в пищеварительном тракте у овец

Показатели	Первый период	Второй период
Принято азота с кормом:		
общего	18,76	22,81
белкового	16,36	20,21
небелкового	2,40	2,61
Поступило азота в двенадцатиперстную кишку:		
общего	12,88	19,24
белкового	5,80	9,30
небелкового	7,36	9,80
Выделено азота с калом:		
общего	5,65	6,19
белкового	5,01	5,30
небелкового	0,50	1,0

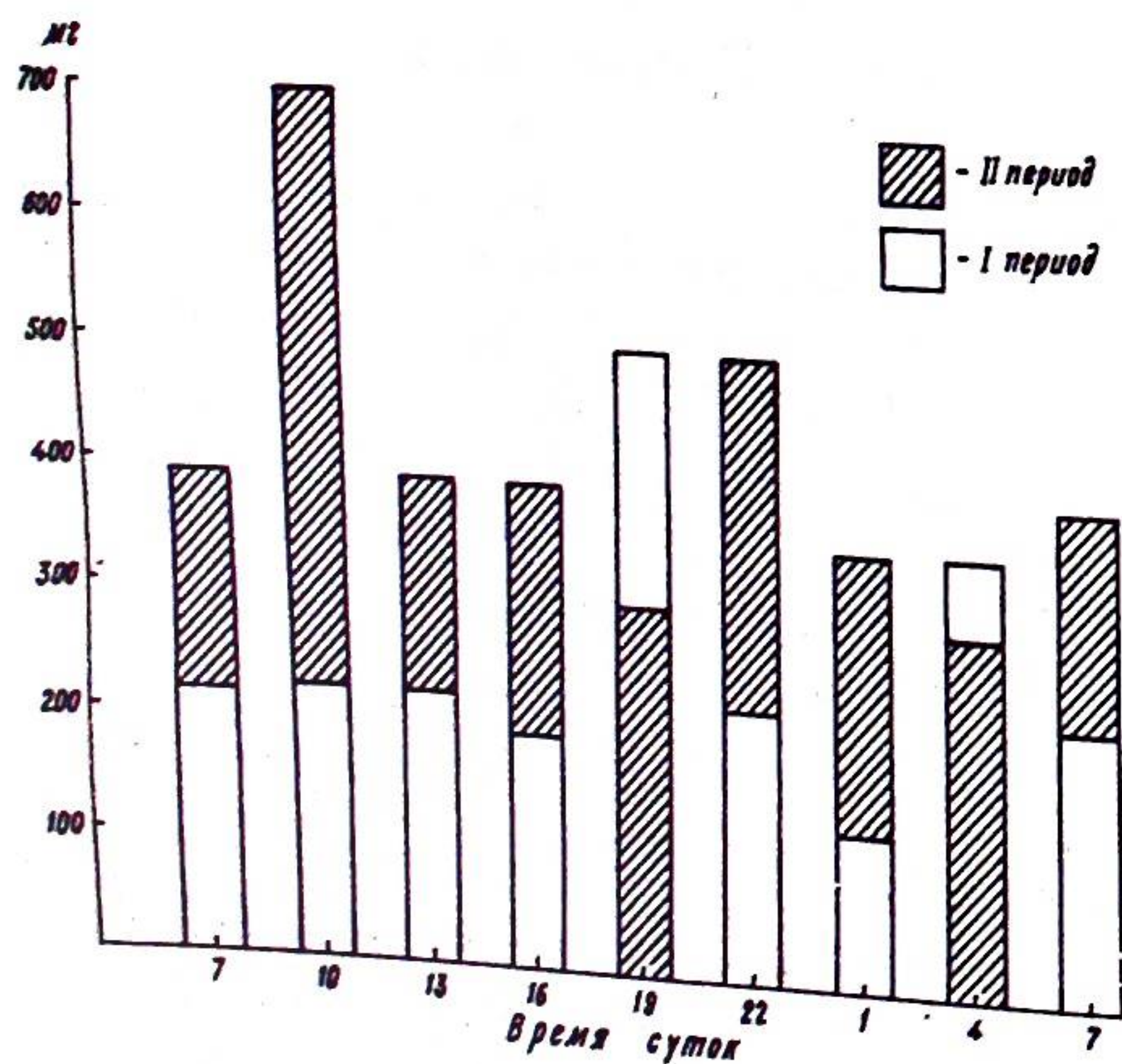


Рис.1. Суточная динамика белкового азота в химусе тонкого кишечника

дался подъем белкового азота с последующим снижением его до девятого часа после приема корма, когда уровень белкового азота вновь возрастал.

Изменение количества небелкового азота в химусе овец шло параллельно с белковым (рис.2). Отличие наблюдалось только через три часа после кормления, когда уровень небелкового азота резко возрастал.

Полипептидазная активность в химусе тонкого кишечника овец имеет своеобразную суточную динамику (рис.3). Через три часа после утреннего

кормления наблюдалось резкое снижение ее с последующим возрастанием спустя шесть часов. После вечернего кормления отмечался постепенный подъем полипептидазной активности к шестому часу и сохранение ее на высоком уровне до утреннего кормления.

Трансаминазная активность в сыворотке крови овец составила $129,3 \pm 0,3$ ед/мл, коэффициент кетонных тел $5,2 \pm 9,23$ мг%.

Во второй период до бавление ацетата калия способствовало лучшей поедаемости сена, что привело к увеличению потребления сухого вещества (табл.1). Коэффициенты переваримости основных питательных веществ рациона возросли на 10-12, а клетчатки на 24%.

По данным табл.2 подсчитано, что процент усвоения общего азота в рубце составил 19,3, белкового - 55,3, прирост небелкового до 80.

Через анастомоз у овец за сутки прошло 8,9 л химуса, в расчете на 1 кг сухого вещества корма образовалось 10,1 л. Динамика прохождения химуса не изменилась, но количественные показатели его были выше по сравнению с первым периодом.

Величина белкового азота в химусе была наибольшей через три часа после кормления, затем уменьшалась и сохранялась на одинаковом уровне в последующие часы (рис.1). В отличие от первого периода отмечалось уменьшение белкового азота в химусе за час до кормления и увеличение через три часа после вечернего кормления. Динамика небелкового азота шла параллельно белковому (рис.2).

Динамика полипептидазной активности в этот период характеризуется достоверными пиками через шесть часов после утреннего кормления и через три часа после вечернего (рис.3) уровень фермента -

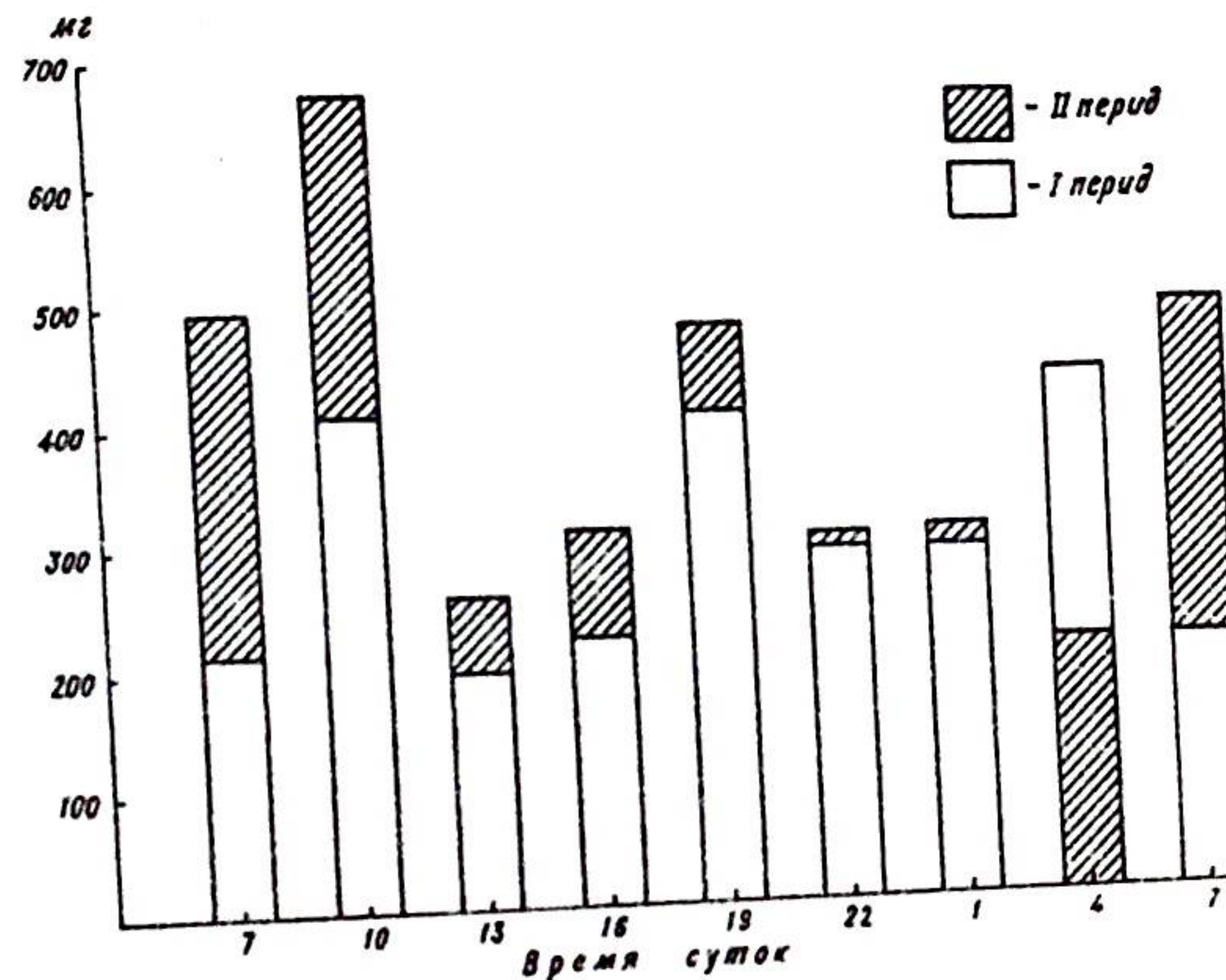


Рис.2. Суточная динамика небелкового азота в химусе тонкого кишечника

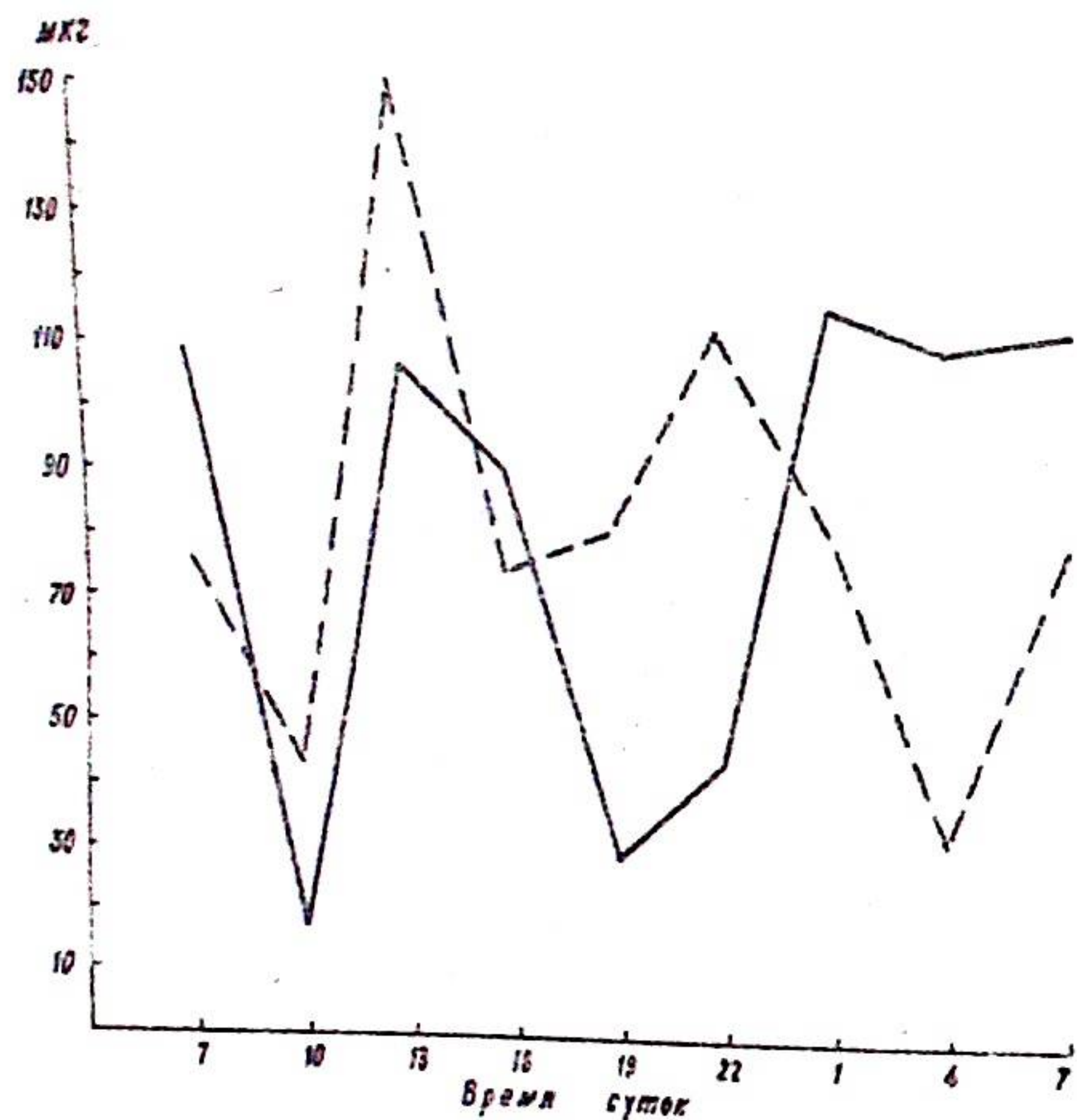


Рис.3. Суточная динамика полипептидазной активности в химусе тонкого кишечника (1 - первый период, 2 - второй период)

тивной активности в эти часы выше, чем в первом периоде.

Трансаминазная активность в крови овец в этот период уменьшилась до $61,6 \pm 0,1$ ед/мл, одновременно наблюдалось увеличение кетоновых тел до 9 мг\% в основном за счет ацетоуксусной кислоты.

Обсуждение результатов исследования

Выяснено, что под влиянием определенного типа кормления возникает своеобразный уровень ферментативной активности в кишечнике [2]. Ферментная адаптация животного организма можно понимать как изменения свойств ферментов под действием на организм различных факторов внешней среды в том числе и питания [1].

Добавление в рацион ацетата калия отражается на рубцовом метаболизме. Это подтверждает уменьшение процента усвоения азота в рубце с 31,4 в первом периоде до 19,3 во втором, т.е. меньшее количество азота всасывается в рубце. Ранее при использовании ацетата натрия отмечено уменьшение мочевины в крови [5]. Это происходит, возможно, за счет связывания ацетата аммиаком при помощи бактериальных клеток [4]. Именно поэтому, видимо, в первом периоде нашего опыта значительная часть азота теряется в виде аммиака.

Установлена прямая зависимость между количеством химуса и количеством поджелудочного сока у телок [6]. Отмечено, что молочная и уксусная кислоты усиливают секреторную деятельность. Наши данные по динамике химуса указывают на то, что при добавлении подкормки пищеварительные железы работают напряженнее. Подкормка не оказывает значительного влияния на динамику ферментативной активности, хотя увеличение ее уровня в отдельные часы после кормления наблюдается. Увеличение процента "усвоения" азота, особенно белкового в кишечнике, возможно, связано с повышением полипептидазной активности.

Процесс переваривания белков складывается из гидролиза их в полости пищеварительного тракта с последующим расщеплением пептидов ферментами слизистой оболочки тонкой кишки до аминокислот, которые при помощи транспортных систем всасываются в кровь. Синтез ферментов, транспорт гидролизованных продуктов связаны с энергетическими затратами и поэтому добавление ацетата калия, возможно, способствует усилению этих процессов. Не исключено, что стимулирующий эффект ацетата на секрецию связан в определенной степени с восполнением энергетических потребностей секретирующих желез.

Высокий уровень трансаминазной активности крови овец при скармливании кормов, богатых белками, указывает, очевидно, на усиление процессов дезаминирования аминокислот с образованием альфа-кетоглутаровой кислоты, пополняющей трикарбоновый цикл. Добавление в рацион ацетата калия уменьшает активность трансаминаз крови животных, следовательно, и процесс дезаминирования, но в то же время способствует накоплению кетоновых тел в крови, в основном в виде ацетоуксусной кислоты.

Выводы

1. Подкормка овец при концентратном типе кормления ацетатом калия ведет к повышению степени переваримости органического вещества корма на 10%, увеличивает использование усвоенного азота с 25 до 46% и ретенцию азота в организме до 21 г на центнер живого веса.
2. Напряженность работы пищеварительных желез у овец на 1 кг сухого вещества корма возрастает с одновременным увеличением усвоения и всасывания белкового азота в химусе тонкого кишечника. Суточная динамика полипептидазной активности не изменяется, но уровень ее возрастает, особенно после утреннего кормления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковальский В.В. Ферментные адаптации животного организма. М., "Колос", 1974.

2. Кожебеков З.К. Ферментативная активность химуса двенадцатиперстной кишки у ягнят в связи с возрастом. — "Труды Ин-та экспериментальной биол.", 1956, т.3.

3. Кочанов Н.Е. Особенности ионного равновесия в организме овец. — В кн. "Физиология и биохимия животных", Сыктывкар, 1974.

4. Курилов Н.В., Кроткова А.П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных животных. М., "Колос", 1971.

5. Маслобоев А.Я., Тараканова Л.В. О влиянии ацетата на показатели обмена веществ у лактирующих коров. — Материалы IV всесоюз. конф. по физиол. и биохим. основам повышения продуктивности с.-х. животных, Боровск, 1966.

СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОТ ТРИКАРБОНОВОГО ЦИКЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИОННОГО РАВНОВЕСИЯ В ОРГАНИЗМЕ ОВЕЦ

Н.Е. Кочанов, Г.В. Тулупов

Органические кислоты в организме имеют огромное значение, поэтому изучению их обмена уделяется большое внимание. При исследовании взаимоотношений различных органических кислот в процессе окислительного метаболизма в 1937 году Кребсом и Джонсом было открыто их движение по циклу [15]. Шавелевоуксусная кислота является акцептором ацетила коэнзима А, что приводит сначала к образованию лимонной кислоты, а затем изолимонной, шавелевоянтарной, альфа-кетоглутаровой, янтарной, фумаровой, яблочной и шавелевоуксусной. Этот цикл Кребса называют трикарбонным или лимоннокислым, хотя в нем большинство кислот дикарбонных. Он оказался универсальным, характерным для всех живых организмов. Здесь происходит расщепление ацетата до углекислого газа и атомов водорода, включающихся в дыхательную цепь, вырабатывающих энергию в виде макроэргического соединения АТФ. Кроме того, метаболиты трикарбонного цикла участвуют и в синтетических процессах с образованием белков, жиров и углеводов. В растительных тканях определено 25-30% от сухого вещества органических кислот, нейтрализующих поступающие извне катионы [6]. Естественно, в процессе кормления они будут использованы в организме травоядных животных как основное энергетическое сырье.

В опытах на лабораторных животных было установлено, что при ацидозе выделение цитрата через почки уменьшается, а при алкалозе, наоборот, усиливается. В моче цитрат образует одну из буферных систем, особенно при выведении фиксированных катионов [16].

Изучение кислотно-щелочных отношений в организме жвачных животных с позиции электронейтральности биологических жидкостей и кормов рациона показало исключительно большое значение органических кислот как анионов при кислотном и щелочном характере ионного равновесия [2]. Однако метаболизм органических кислот, особенно трикарбонного цикла, в организме жвачных остается не-

достаточно изученным.

Целью настоящей работы явилось определение количественных качественных показателей кислот трикарбонового цикла (ТКЦ) кормах и крови, изучение их поступления и обмена в овец в зависимости от характера ионного равновесия.

Материал и методика

Эксперимент проводили на трех годовалых валухах с массой тела 35-41 кг. Всем животным на рубец были наложены постоянные канюли. В каждый из четырех периодов в рационе было следующее количество кормов:

1) сено 2 кг, травяная мука 0,3 кг, комбикорм 0,3 кг, хлорид натрия 8 г;

2) сено 0,5 кг, комбикорм 0,6 кг, хлорид натрия 8 г, хлорид аммония 15 г;

3) такой же рацион, с добавлением ацетата калия 12 г и пропионат натрия 13 г;

4) свежескошенная луговая трава 7 кг, хлорид натрия 8 г.

Каждый рацион предварительно скармливали в течение двух недель до начала обменного опыта, который проводился в двух повторностях по общепринятой методике.

В пробах кормов, рубцовой жидкости, крови и мочи на газовом хроматографе "Цвет" - 134 по нашей модифицированной методике определены пять из восьми органических кислот трикарбонового цикла. Так как эти кислоты в биологических жидкостях находятся в виде анионов, их концентрации даются в миллиэквивалентах и обозначаются: фумаровая кислота - фумарат, янтарная - сукцинат, яблочная - малат, альфа-кетоглутаровая - альфа-кетоглутарат и лимонная - цитрат.

Результаты исследования

Концентрация органических анионов ТКЦ в траве достигала 452,2 мэкв/кг (табл.1) или 65% общего количества органических анионов в ней.

В процессе заготовки сена происходила значительная потеря всех органических анионов, за исключением цитрата, доля которого увеличилась до 57% от общей концентрации кислот ТКЦ. Следует добавить, что в сене от общей суммы органических анионов на кислоты ТКЦ приходилось только 45%.

Таблица 1

Концентрация органических кислот ТКЦ (мэкв/кг) в сухом веществе кормов

Кислоты	Трава	Сено	Травяная мука
Фумарат	89,0 [±] 1,2	31,87 [±] 3,4	41,87 [±] 0,9
Сукцинат	95,6 [±] 3,1	20,2 [±] 0,8	28,6 [±] 1,1
Малат	88,4 [±] 1,3	30,6 [±] 3,4	33,6 [±] 0,4
Альфа-кетоглутарат	41,6 [±] 1,8	17,9 [±] 0,9	22,8 [±] 1,5
Цитрат	137,6 [±] 1,9	133,4 [±] 11,6	148,6 [±] 2,3
Сумма	452,2 [±] 8,3	233,9 [±] 20,1	275,3 [±] 6,3

При искусственной сушке травы на агрегате АВМ-04 содержание органических анионов ТКЦ в травяной муке становится намного ниже, чем в исходном сырье, но такое же, как в сене (табл.1). Сумма этих кислот равна 60% общего количества органических анионов. Из кислот ТКЦ на цитраты приходилось 54%, на остальные анионы от 8 до 15%.

В комбикорме выявлялись только следы кислот ТКЦ, поэтому они в расчет не принимались.

В первый период рацион опытных животных обеспечивал нормальное состояние обмена веществ. За сутки овцы получали 1243 г сухого вещества, в том числе с сеном - 721 г, травяной мукой - 251 г и с комбикормом - 263 г.

Таблица 2

Поступление органических кислот (мэкв) в организм овец с кормами суточного рациона

Кислоты	Периоды опыта			
	первый	второй	третий	четвертый
Фумарат	33,5 [±] 1,6	12,2 [±] 0,7	13,0 [±] 0,2	92,1 [±] 6,7
Сукцинат	21,8 [±] 1,2	7,7 [±] 0,4	8,2 [±] 0,1	99,0 [±] 7,2
Малат	30,5 [±] 1,4	11,7 [±] 0,7	12,5 [±] 0,2	91,5 [±] 6,6
Альфа-кетоглутарат	18,6 [±] 0,9	6,8 [±] 0,4	7,3 [±] 0,1	43,1 [±] 3,1
Цитрат	133,5 [±] 6,1	51,0 [±] 2,9	54,4 [±] 0,9	142,4 [±] 10,3
Сумма	237,9 [±] 10,3	89,4 [±] 5,3	95,4 [±] 1,3	468,1 [±] 33,7

Так как увеличение суммарной концентрации кислот ТКЦ было незначительно (табл.4), то их доля среди органических кислот уменьшилась до 16%. Хорошо выражены качественные изменения в соотношении кислот: увеличилась доля выведения альфа-кетоглутарата и фумарата при уменьшении доли цитрата и сохранении уровня сукцината и малата.

В третий период животные получали рацион, сходный с предыдущим. Для нормализации ионного равновесия к нему добавляли смесетата калия и пропионата натрия. В связи с улучшением аппетита валухи потребляли 968 г сухого вещества корма. Суточное количество электролитов было такое же (1266 мэкв), а поступление органических кислот увеличилось до уровня первого периода. При этом кислот ТКЦ поступало 95,4 мэкв, в сутки (табл.2) или на 6 мэкв больше, чем во втором периоде, при сохранении процентного соотношения отдельных компонентов цикла. Доля кислот ТКЦ снизилась до 13% всего количества анионов.

Восстановление ионного равновесия в организме животных сопровождалось повышением рН крови до 7,45 и увеличением общей ионной концентрации до 157 мэкв/л, в том числе бикарбонатов до 27 мэкв/л. Концентрация всех кислот ТКЦ также достоверно (р<0,05) увеличилась, что привело к повышению их суммы почти на 6 мэкв (табл.3). В процентном соотношении произошло небольшое повышение доли первых четырех кислот за счет уменьшения цитрата.

Диурез в течение третьего периода почти не изменился. При уменьшении концентраций калия и бикарбонатов и значительном уменьшении катионов аммония, рН мочи изменился до 8,34.

Значительно сократилось выведение кислот ТКЦ через почки (табл.4), хотя концентрация органических анионов сохранилась примерно на уровне предыдущего периода (110 мэкв/л). Отмечалось наибольшее снижение концентрации фумарата и альфа-кетоглутарата в меньшей степени - сукцината. Содержание цитрата осталось на прежнем уровне, а малата даже несколько повысилось. В процентном отношении наиболее заметно было увеличение доли цитрата.

Четвертый период опыта был приурочен к летнему сезону, когда животные получали зеленый корм. Суточное поступление сухого вещества корма достигало 1035 г, электролитов - 1199 мэкв, в том числе калия 39%, органических анионов 61%.

С летним рационом, по сравнению с зимним щелочным рационом первого периода, кислот ТКЦ поступало почти в два раза больше и достигло 488,1 мэкв (табл.2) или 64% от всего количества органических анионов. Соотношение кислот в рационе было следующее:

цитрата 30%, фумарата, сукцината и малата по 20% и альфа-кетоглутарата немногим более 9%.

В крови при рН 7,43 суммарная концентрация кислот ТКЦ составила 15,46 мэкв/л (табл.3), что значительно ниже, чем в предыдущий период из-за уменьшения содержания всех кислот. В соотношении кислот имеется определенная тенденция к увеличению доли цитрата. В сыворотке крови овец общая ионная концентрация равна 150 мэкв/л, в том числе бикарбонатов 23 мэкв/л.

В щелочной моче (рН 8,57) животных концентрации всех кислот ТКЦ повысились и достигли такого же уровня, как и в первом периоде опыта (табл.4). В связи с более высоким уровнем диуреза (1992 мл в сутки) в летний период выносилось из организма почти в два раза больше органических кислот, которые составили 14% в балансе органических анионов.

Таким образом, в обмене кислот трикарбонового цикла хорошо прослеживается зависимость их от состояния ионного равновесия в организме жвачных животных, сохраняемого соответствующими элементами минерального и органического происхождения.

Обсуждение результатов исследования

В кормах рационов жвачных животных на долю ионов органического происхождения приходится от 50 до 80% суммы ионов [2].

Обмен органических кислот в растениях дан довольно полно С.В. Солдатенковым [6]. Наибольшее количество органических кислот им определено в листьях. Более половины представлено лимонной, яблочной, янтарной и щавелевой кислотами, они метаболически более активны. Много в растениях уксусной и молочной кислот, 30-35% приходится на неизвестные или неидентифицированные кислоты, это главным образом кислоты первичного окисления сахаров (галактуроносовая, глюкуроносовая, глюконосовая и др.). Из них в процессе дыхания могут образовываться кислоты ТКЦ и малоносовая кислота - ингибитор этого цикла. При созревании семян содержание органических кислот резко падает, так как они превращаются в углеводы, крахмал и жиры.

Нами во всех растительных кормах были выявлены лимонная, янтарная, яблочная, фумаровая и альфа-кетоглутаровая кислоты ТКЦ, которые в сумме составляют более половины органических анионов корма. В процессе заготовки кормов значительная часть кислот теряется, особенно в сене. В комбикорме, состоящем в основном из зерна, обнаружены только следы этих кислот. С зимним рационом, состоящим из комбикорма, сена и травяной муки, кислоты трикар-

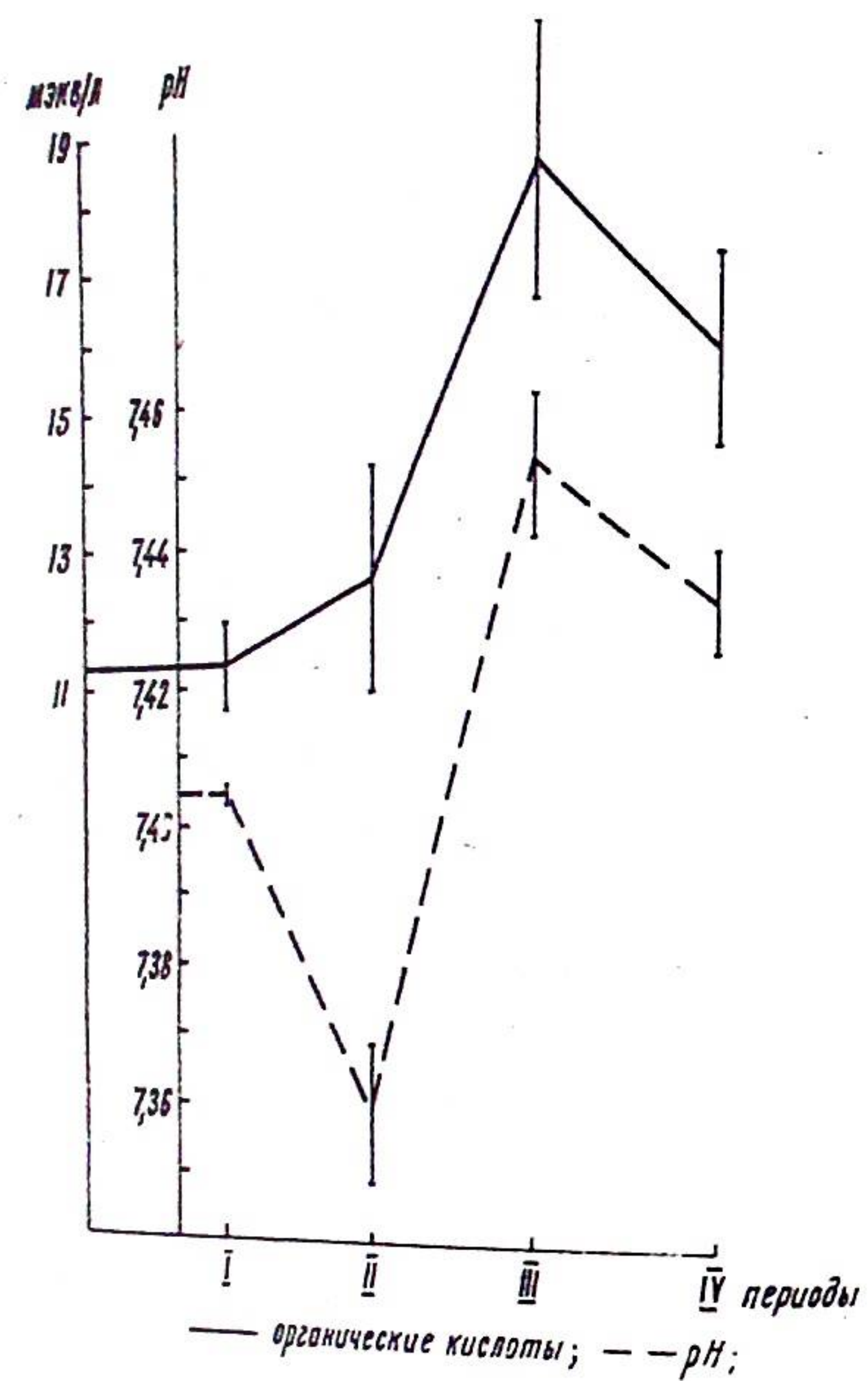


Рис.1. Показатели pH и суммарной концентрации органических кислот в крови валугов

Стимулирующим фактором увеличения концентрации интермедиаторов трикарбонового цикла может быть добавление бикарбоната натрия и сульфатов цинка, марганца, магния и аммония. Повышение бикарбоната крови активизирует, видимо, и реакции глюконогенеза [1]. Уменьшение кетоновых тел крови животных связано с увеличением их утилизации [8]. Отсюда видно, что в организме жвачных изменения ионного равновесия тесно связаны с обменом органических кислот трикарбонового цикла (рис.1).

Через почки жвачных животных всегда выводятся в значительных количествах органические анионы, природа которых остается неизученной. Соединения органических кислот с калием и натрием способствуют сохранению щелочной реакции мочи, с двухвалентными катионами кальция и магния создают близкую к нейтральной среду, а с катионами аммония - кислую. Таким образом, они являются универсальными буферными веществами как в щелочной, так и в кислой моче, заменяя более ценные для организма анионы хлорида, бикарбоната, фосфата [2]. Методом бумажной хроматографии в моче обнаружены мочевая, лимонная, альфа-кетоглутаровая, янтарная, яблочная, фумаровая, щавелевая, виннокаменная, глутаровая, адипиновая, гликолевая, оксимасляная, гиппуровая и оксибензойная кислоты [16].

В наших исследованиях определены концентрации пяти кислот трикарбонового цикла (рис.2). При щелочном зимнем и летнем ра-

ционах кормления животных уровень концентрации щелочной кислоты в моче весьма близок: цитрата и фумарата около 6 мэкв/л, сукцината, малата и альфа-кетоглутарата - от 1,6 до 2,2 мэкв/л.

В опытах с экспериментальным алкалозом у плотоядных животных выделение натрия и калия с мочой сопровождается выведением большого количества органических кислот, в основном цитрата, вместо анионов хлорида [14].

Выделение органических кислот через почки зависит от скорости клубочковой фильтрации и от связывания их с белками. В проксимальном отделе канальца поступают органические кислоты путем активной секреции из клеток. Предполагают, что секреция обусловлена наличием конкурентных отношений, невозможностью переноса соответствующего количества кислот путем диффузии и влиянием рК органических кислот, главным образом в процессе обратной диффузии органических кислот, оказывающей влияние pH среды и количества клубочкового фильтрата, а также степень диссоциации и растворимости их в жирах [17]. При фильтрации в клубочках выделяются лишь свободные фракции органических кислот и оснований крови. Цитраты образуются в клетках проксимальных канальцев и своей концентрацией влияют на реабсорбцию. В щелочной моче выделяются в большом количестве растворимые в воде слабые жирные органи-

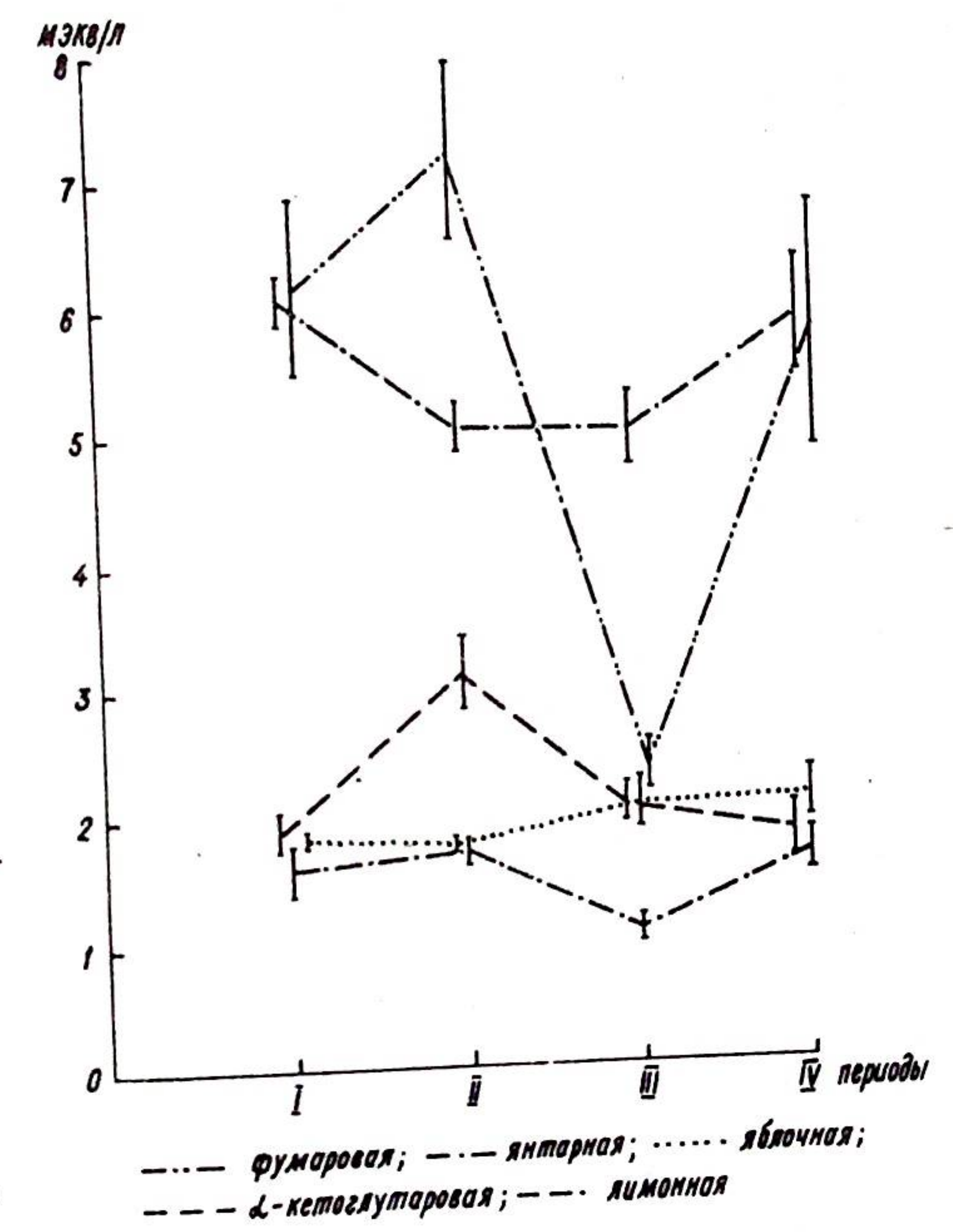


Рис.2. Концентрация органических кислот в моче валугов

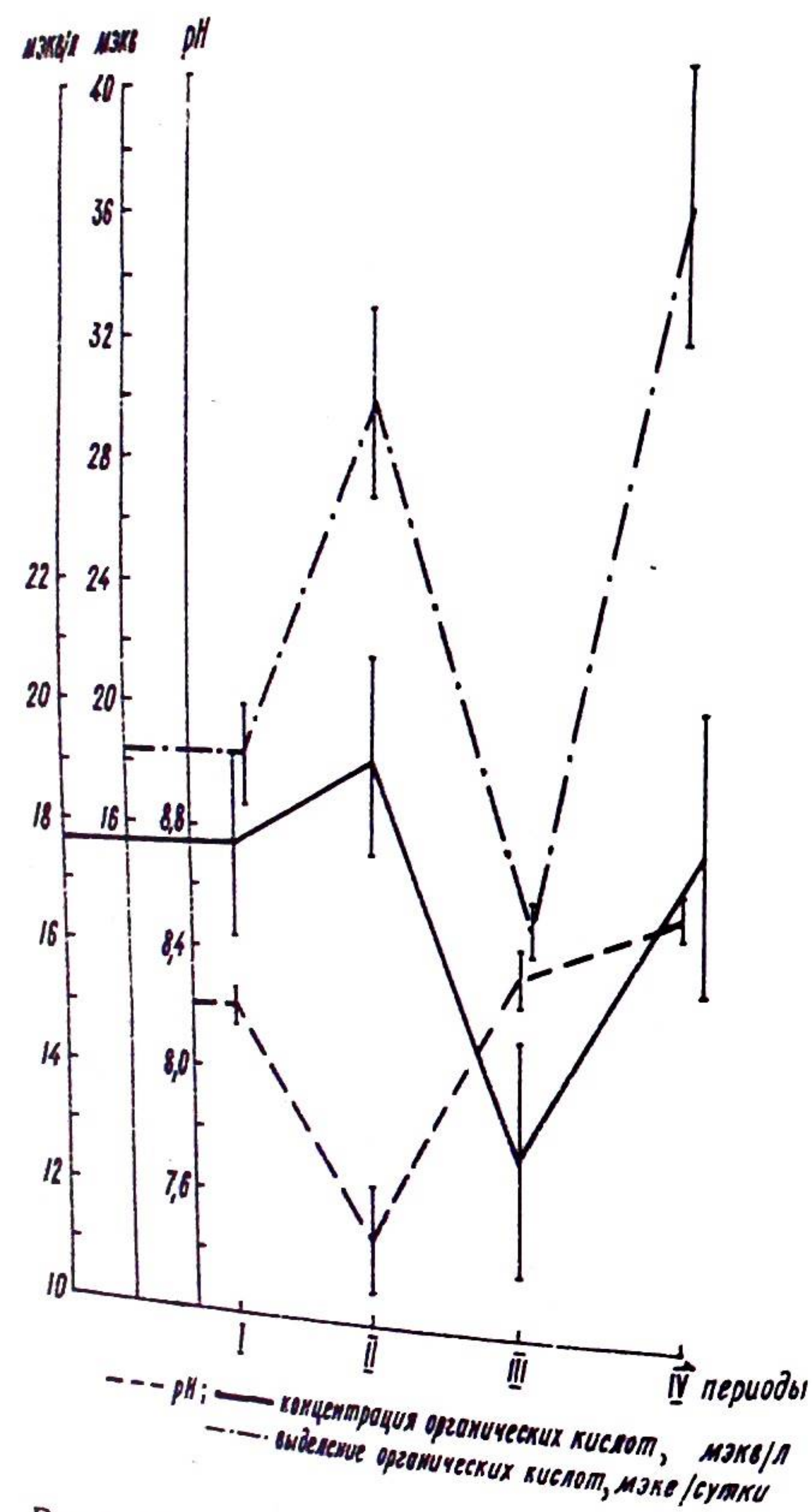


Рис. 3. Показатели pH, суммарной концентрации и общего выделения органических кислот в моче валухов

фа-кетоглутарата (рис. 2). Такое изменение уровня кислот ТКЦ сопровождается лучшим использованием азота в организме. Ранее было замечено, что в организме овец азот из неорганических источников может использоваться при условии повышенного образования пропионовой кислоты и глюкозы [10].

ческие кислоты [13].

Изменение ионного равновесия в организме жвачных животных оказывает влияние и на биохимические процессы цикла трикарбоновых кислот: усиление выделения фумарата и альфа-кетоглутарата и ослабление выделения цитрата (рис. 2), не затрагивая концентрации сукцината и малата. Процесс деаминации может быть усилен необходимостью утилизации ацетоацетата и бета-оксибутирата. Аминокислоты после деаминации становятся органическими анионами и вместе с катионами аммония выносятся с мочой. Это согласуется с данными эксперимента по деаминации лабораторных животных [16].

Скармливание ацетата калия и пропионата натрия восстанавливает ионное равновесие в организме и создает условия для активации трикарбонового цикла. Отсюда меньший вынос кислот этого цикла через почки. Наибольшее снижение наблюдается в концентрации фумарата и альфа-кетоглутарата.

Отсюда меньший вынос кислот этого цикла через почки. Наибольшее снижение наблюдается в концентрации фумарата и альфа-кетоглутарата.

Между показателями ионного равновесия и метаболизма органических кислот ТКЦ имеется хорошо согласуемая связь (рис. 3). Вполне очевидно, что они в виде органических анионов принимают участие в создании такого равновесия во всех биологических жидкостях, в том числе и в моче. В то же время доля кислот ТКЦ составляет только 3-4% общей ионной концентрации мочи, т.е. они выносятся через почки весьма экономно, хотя концентрация органических анионов при этом значительна.

Отсюда видно, что количество кислот в кормах рациона не различно, так как они свою метаболическую активность сохраняют и в организме животных. Установлена хорошо выраженная зависимость между условиями кормления животных, состоянием ионного равновесия и обменом органических кислот ТКЦ в организме жвачных животных.

Выводы

1. В кормах рациона, крови и моче овец выявлены такие звенья трикарбонового цикла, как фумарат, сукцинат, малат, альфа-кетоглутарат и цитрат.

2. При нормальном состоянии ионного равновесия в организме животных со щелочным рационом поступает 20-40% кислот ТКЦ от суммы ионов. Концентрация их в цельной крови составляет 11-15 мэкв/л, в том числе цитрата 6-9, малата 1,5-2,7, фумарата 1,2-2,2, альфа-кетоглутарата 0,9-1,2 и сукцината 0,7 мэкв/л. С щелочной мочой овец выделяется около 18 мэкв/л кислот ТКЦ, из которых по 35% приходится на фумарат и цитрат и по 10% на сукцинат, малат и альфа-кетоглутарат.

3. При сдвиге ионного равновесия в организме животных в сторону кислотности происходит увеличение концентрации кислот ТКЦ в крови в основном за счет альфа-кетоглутарата и в моче за счет фумарата и альфа-кетоглутарата. При этом суточное поступление этих кислот уменьшено в два с лишним раза.

4. Включение в рацион овец солей органических кислот наряду с нормализацией ионного равновесия в организме ведет к значительному увеличению концентрации всех кислот ТКЦ в крови и к снижению выведения их через почки, особенно фумарата и альфа-кетоглутарата, что указывает на улучшение метаболизма в этом цикле.

1. Гулый М.Ф. О регуляторной роли углекислоты в обмене веществ гетеротрофных организмов. - В кн.: Роль углекислоты и аммонийного азота в процессах биосинтеза. Боровск, 1976.
2. Кочанов Н.Е. Кислотно-щелочное равновесие у жвачных животных. Л., "Наука", 1974.
3. Курилов Н.В., Кроткова А.П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. М., "Колос", 1971.
4. Льюис Д. Судьба азотосодержащих соединений в рубце. - В кн.: Физиологические основы рационального кормления жвачных животных. М., "Колос", 1964.
5. Ньюсхолм Э., Старт К. Регуляция метаболизма. М., "Мир", 1977.
6. Солдатенков С.В. Обмен органических кислот у растений. Л., "Наука", 1971.
7. Солдатенков П.Ф. Промежуточный обмен и продуктивность животных. М., "Колос", 1976.
8. Тулупов Г.В. Обмен летучих жирных кислот и ацетоновых тел в зависимости от состояния ионного равновесия в организме овец. - Материалы 5-й всесоюз. конф. по экологической физиологии, биохимии и морфологии. Фрунзе, 1977.
9. Шапот В.С., Блинов В.А. Глюконеогенез в животном организме. - В кн.: Успехи биологической химии. М., "Наука", 1975.
10. Шманенков Н.А. и др. Некоторые закономерности использования неспецифического азота жвачных. - В кн.: Роль углекислоты и аммонийного азота в процессах биосинтеза. Боровск, 1976.
11. Шоу Дж. Физиология пищеварения в рубце. - В кн.: Физиологические основы рационального кормления жвачных животных. М., "Колос", 1964.
12. Эннисон Е.Ф., Льюис Д. Обмен веществ в рубце. М., "Сельхозгиз", 1962.
13. Bourke E. The renal handling of organic acid and bases. - "Irish. J. Med. Sci.", 1966, 491.
14. Cooke R.E. a.oth. The role of potassium in the prevention of alkalosis. - "Amer. J. Diseases Children", 1953, 36, 5.
15. Krebs H.A., Kornberg H. Energy transformation in living matter. Berlin, 1959.
16. Nordman J., Nordman R. Les acides du cycle tri-carboxylique en chimie clinique. - "Clin. Chemistry", 1957, 3, 4.
17. Mudge G.H., Weiner J.M. Renal excretion of weak organic acids and bases. - "Proc. 1st Internat. Pharmacol. Meet.", 1961, 4.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОРМЛЕНИЯ НА ДИНАМИКУ ЛЕТУЧИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В РУБЦЕ ОВЕЦ

Г.В. Тулупов

Углеводные компоненты корма играют важную роль в обеспечении жизнедеятельности организма жвачного животного. К ним относятся моно-, ди- и трисахариды, а также полисахариды, как крахмал, целлюлоза и гемицеллюлоза. Все эти вещества, попадая с кормом в преджелудки, расщепляются микроорганизмами до более простых соединений, основную массу которых составляют летучие жирные кислоты (ЛЖК) [6]. Отмечено, что на суточную динамику короткоцепочных кислот оказывают влияние условия кормления животных. Сенной рацион давал максимальные концентрации кислот через 3-6 часов после потребления корма [5]. Преобладание легко ферментируемых углеводов при высококонцентратном кормлении увеличивало скорость образования ЛЖК, и через 2-3 часа наблюдались их наибольшие концентрации [3].

Включение ЛЖК в метаболизм сказывается и на кислотно-щелочных отношениях. Изменение условий питания в сторону увеличения доли концентрированного корма в рационе ведет к сдвигу ионного равновесия в кислую сторону [1,8]. При этих условиях количественные показатели ЛЖК в рубце мало исследованы. Целью настоящей работы было изучение суточной динамики концентрации ЛЖК (уксусной, пропионовой и масляной) в рубце овец в зависимости от условий их кормления.

Материал и методика

Описание метода проведения эксперимента дается в статье Н.Е. Кочанова и Г.В. Тулупова [2].

Пробы рубцовой жидкости отбирали до утреннего и вечернего кормления, а затем через 3 и 6 часов после кормления.

Определение летучих жирных кислот проводили по Курилову [4]

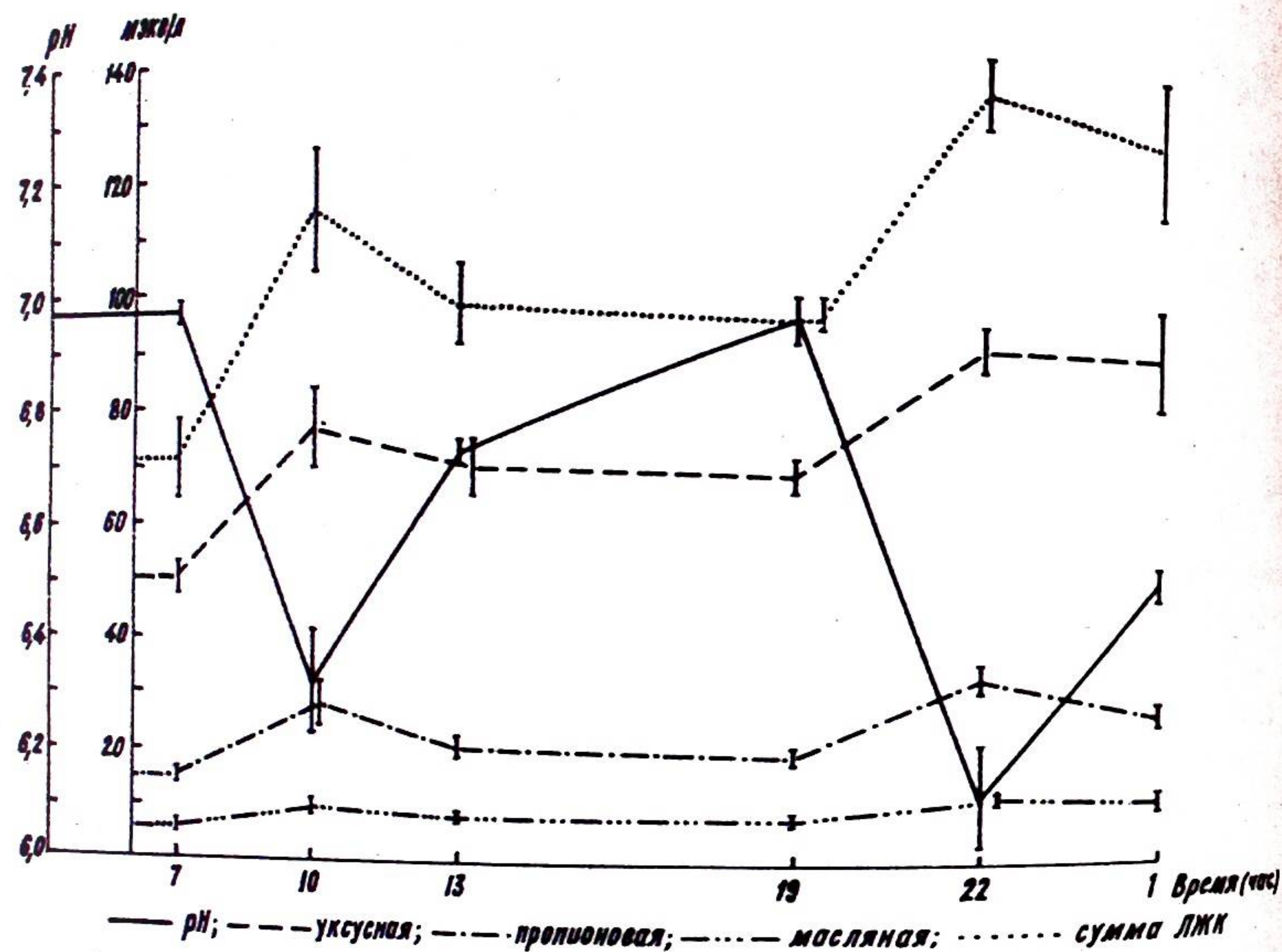


Рис.1. Суточная динамика pH и концентраций летучих жирных кислот в рубцовой жидкости овец в первый период опыта

на газожидкостном хроматографе "Цвет"-134. Концентрация ацетата, пропионата и бутирата, а также их сумма выражается в миллиэквивалентах на литр (мэкв/л).

Результаты и их обсуждение

Скармливание рациона в первый период не вызывало каких-либо клинико-физиологических отклонений в состоянии животных. Валухи получали в сутки 1243 г сухого вещества, в том числе 208,2 г протеина, 312,3 г клетчатки, 453,0 г безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ). Среди анионов рациона на долю органических кислот приходилось 57%.

Максимальные значения pH рубцовой жидкости отмечали перед кормлением (в 7 и 19 часов), минимальные - через три часа после дачи корма (рис.1).

Концентрация ЛЖК была наименьшей перед кормлением.

Через

три часа после дачи корма повысилась до $114,2 \pm 10,8$ мэкв/л утром и $132,6 \pm 5,7$ мэкв/л - вечером. В промежутке от 13 до 19 часов содержание кислот в рубце не изменялось.

Утром и вечером натощак концентрация ацетата была $49,6 \pm 2,9$ и $88,9 \pm 2,7$ мэкв/л, пропионата - $14,7 \pm 1,5$ и $19,1 \pm 1,3$ мэкв/л, бутирата - $8,6 \pm 0,9$ и $8,2 \pm 0,9$ мэкв/л. Через три часа как после утреннего, так и после вечернего кормления содержание кислот в рубцовой жидкости возрастало: ацетата до $76,3 \pm 6,5$ и $88,6 \pm 3,9$ мэкв/л, пропионата до $28,1 \pm 3,7$ и $32,1 \pm 2,5$ мэкв/л, бутирата до $9,8 \pm 1,0$ и $12,0 \pm 0,7$ мэкв/л (рис.1). От 13 до 19 часов их концентрации оставались примерно на одном уровне. Если через шесть часов после утреннего кормления заметно некоторое снижение содержания ацетата, то после вечернего кормления этого не отмечалось. Однако резкое уменьшение его наблюдалось в ночной период.

Скармливание сеного рациона с высоким содержанием клетчатки уменьшало концентрацию ЛЖК по сравнению с другими рационами, содержащими большую долю растворимых углеводов и белков [3]. В первые три часа после кормления происходило интенсивное расщепление легкоферментируемых компонентов корма (органических кислот трикарбонового цикла, растворимых сахаров, крахмала), давших возрастание концентраций ЛЖК, особенно пропионата, и закисление среды. Такие условия замедляли деятельность микроорганизмов, расщепляющих клетчатку. Увеличение суммарной концентрации ЛЖК шло в основном за счет увеличения пропионата. В следующие три часа содержание пропионовой кислоты резко снижалось, а уксусной и масляной в меньшей мере. Это указывает на то, что сначала идет расщепление легкоферментируемых углеводов, в результате чего и возрастает доля пропионата. Затем вместе с возрастанием pH начинается восстановление активности целлюлозолитической микрофлоры, следствием чего и является стабильность концентраций ЛЖК в промежуток от 13 до 19 часов.

Во второй период для получения ацидотических явлений животным увеличили количество комбикорма и уменьшили дачу сена. Через неделю после содержания валухов на таком рационе отмечали снижение pH крови и мочи, уменьшение щелочного резерва, повышение лейкоцитов в крови [2]. Наблюдали учащение пульса и дыхания. В этот период животные получали 898 г сухого вещества корма, содержащего 152,8 г протеина, 153,3 г клетчатки, 430,5 г БЭВ. Доля органических анионов снизилась до 27% (343 мэкв/л) от суммы ионов рациона.

Изменения pH рубцовой жидкости были более резкими, чем в предыдущий период (рис.2). Наибольшее снижение этого показателя

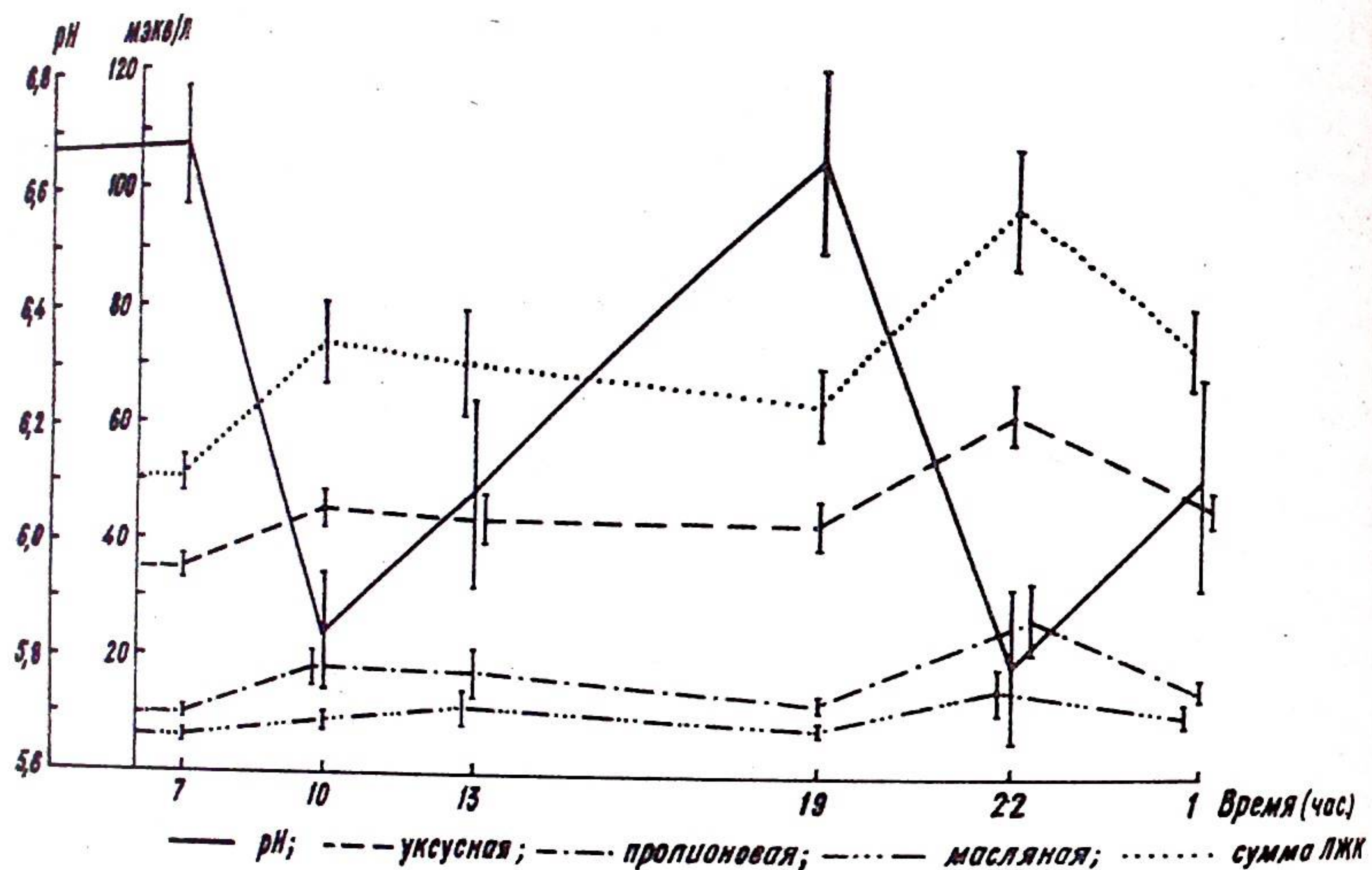


Рис.2. Суточная динамика pH и концентраций летучих жирных кислот в рубцовой жидкости овец во второй период опыта

отмечали через три часа после кормления, в течение следующих девяти часов он достигал максимальной величины.

В этот период содержание всех ЛЖК в рубце увеличилось через три часа после утреннего кормления (рис.2), в том числе ацетата на 10,3, а пропионата на 8,4 мэкв/л. В дальнейшем отмечали тенденцию к снижению концентрации только пропионовой кислоты. Через три часа после вечернего кормления содержание ацетата и пропионата увеличилось еще больше, чем после утреннего кормления. Только уровень концентраций и динамика бутирата не изменились, тогда как содержание ацетата и пропионата по сравнению с предыдущим периодом заметно уменьшилось.

Изменение соотношения компонентов корма за счет снижения доли клетчатки и увеличения легкоферментируемых углеводов понизили pH рубца, что явилось причиной угнетения целлюлозолитической микрофлоры [7]. Фактором, ингибирующим действие микроорганизмов, расщепляющих клетчатку, могло быть действие хлорида аммония, поступавшего в этот период в большом количестве. Восстановление деятельности микроорганизмов, видимо, происходило одновре-

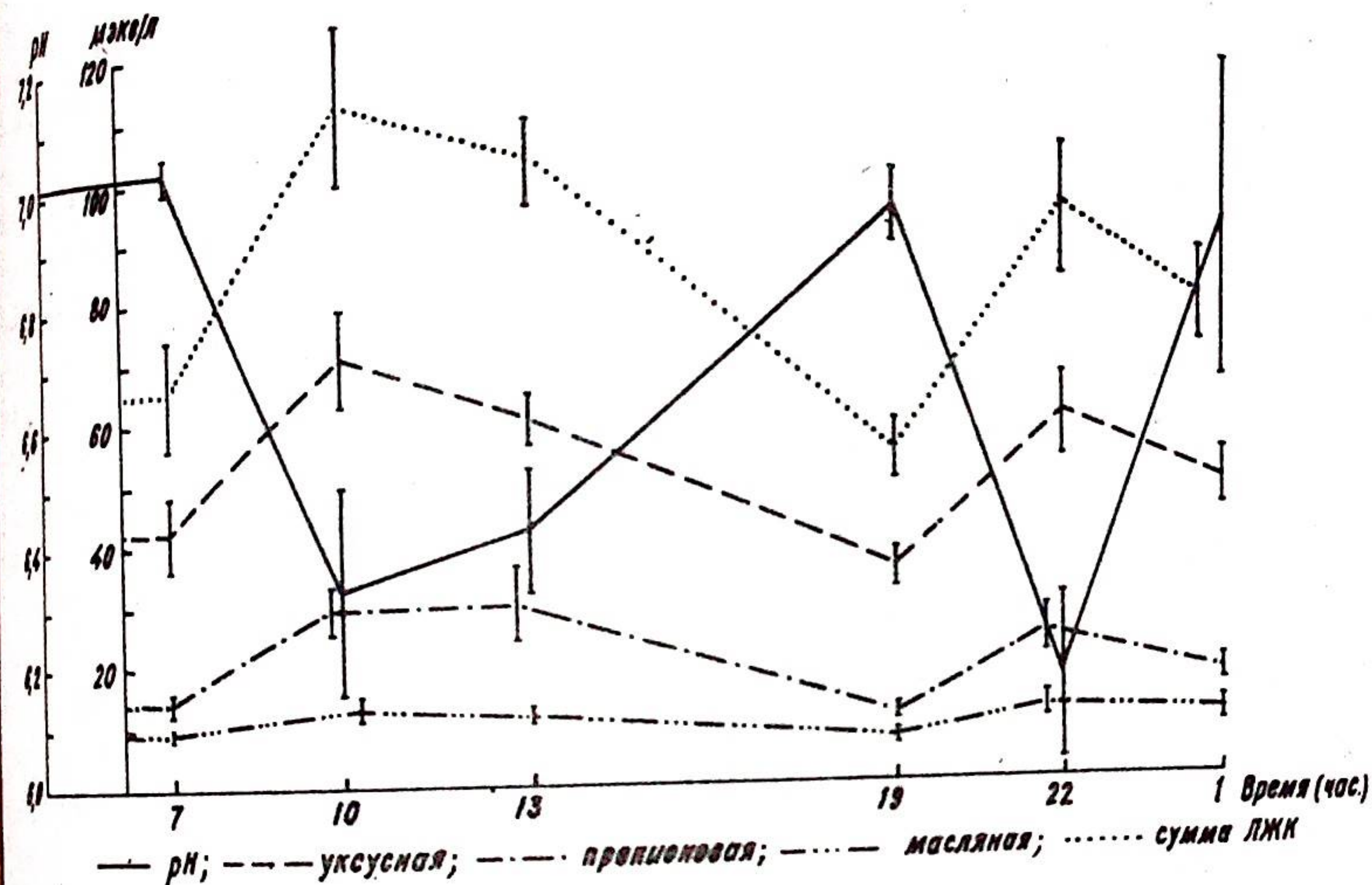


Рис.3. Суточная динамика pH и концентраций летучих жирных кислот в рубцовой жидкости овец в третий период опыта

менно с процессом всасывания ионов аммония и хлорида из рубца в кровь. Поэтому через три часа после вечернего кормления концентрации ЛЖК увеличились на 12,5 мэкв/л больше, чем после утреннего.

В третий период эксперимента валухи получали дополнительно к рациону предыдущего периода 120 мэкв. ацетата калия и 137 мэкв. пропионата натрия. С кормами рациона поступало 968 г сухого вещества, в том числе 157,5 г протеина, 491,9 г БЭВ, 160 г клетчатки. Органические анионы составляли 56% всех анионов рациона. Добавление солей органических кислот улучшило клинко-физиологическое состояние валухов, возросли показатели pH крови и мочи, в крови увеличилась концентрация бикарбонатов и уменьшилось содержание кетоновых тел [2].

Изменения pH рубцовой жидкости в этот период близки к соответствующим значениям первого периода. Наблюдалось снижение концентрации всех кислот в промежутке до вечернего кормления два раза (рис.3). Увеличение общего содержания ЛЖК через три часа после приема корма примерно было одинаковым. Такой динами-

ки ЛЖК не наблюдалось в предыдущие периоды опыта.

В этот период поступление клетчатки было таким же низким, как и во вторсм. Добавление ацетата и пропионата, по-видимому, способствовало только увеличению их концентраций в первые три часа после кормления, но не явилось активирующим фактором для целлюлолитической микрофлоры, активность которой оставалась на низком уровне. Всасывание поступивших кислот, вероятно, шло с большой скоростью, о чем свидетельствовало увеличение перепадов концентраций в течение суток.

В четвертый период эксперимента валухи получали рацион из свежескошенной травы, с которой поступало 1035 г сухого вещества, в том числе 115,7 г протеина, 423,4 г БЭВ, 292,6 г клетчатки, 730 мэкв органических кислот, составлявших 61% от суммы анионов.

Перевод животных на летний рацион незначительно снизил величину перепадов pH в рубцовой жидкости (рис.4). Динамика образования ЛЖК была сходна с соответствующими значениями первого периода. Резкое уменьшение общего количества кислот через три часа после утреннего кормления напоминало динамику ЛЖК третьего пери-

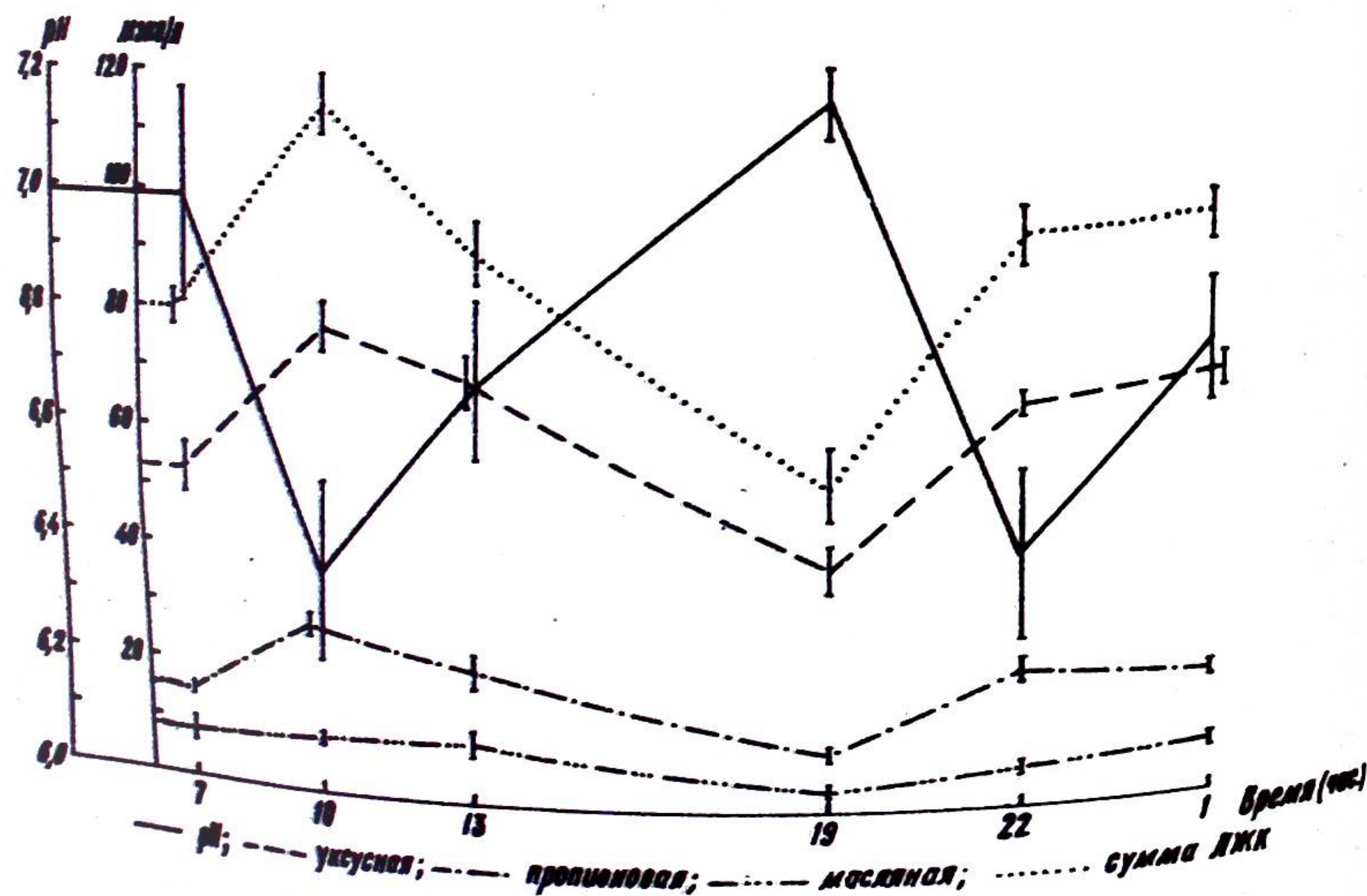


Рис.4. Суточная динамика pH и концентраций летучих жирных кислот в рубцовой жидкости овец в четвертый период опыта

Летний корм богат органическими кислотами трикарбонового цикла, которые в результате деятельности рубцовой микрофлоры в течение трех часов после кормления могут почти полностью расщепиться, давая резкое увеличение суммарной концентрации ЛЖК [2]. В течение следующих девяти часов происходило, по-видимому, замедление образования и, возможно, увеличение скорости всасывания короткоцепочечных жирных кислот, о чем свидетельствовало резкое падение концентраций этих соединений до минимальной величины. Через три часа после вечернего кормления суммарная концентрация ЛЖК резко возросла до максимального значения, затем в течение следующих трех часов держалась на одном уровне. В это время, вероятно, скорости образования и всасывания кислот по величине были близки между собой.

В результате проведенных исследований было выявлено, что изменение условий кормления определенным образом влияет на динамику ЛЖК в рубце валухов.

Выводы

1. В рубцовой жидкости овец, получавших полуконцентратный рацион зимой и зеленый корм летом, максимальные концентрации летучих жирных кислот наблюдаются через три часа после кормления. Летом снижение содержания ЛЖК в последующие часы до вечернего кормления происходит более резко.
2. С переводом животных на высококонцентратный рацион в рубцовой жидкости овец содержание ацетата и пропионата снижается. Динамика ЛЖК существенно не меняется.
3. Добавление ацетата калия и пропионата натрия к концентратному рациону овец ведет к увеличению ацетата и пропионата до величин, соответствующих показателям летнего периода. Минимальные концентрации этих кислот остаются на том же уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочанов Н.Е. Особенности ионного равновесия в организме овец. - В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974 (Труды Коми филиала АН СССР, № 27).
2. Кочанов Н.Е., Тулупов Г.В. Содержание кислот трикарбонового цикла у овец при изменении ионного равновесия в их организме. В наст. сб.

3. Курилов Н.В., Кроткова А.П. Физиология и биохимия пищеварения жвачных. М., "Колос", 1971.

4. Курилов Н.В. и др. Газожидкостная хроматография летучих жирных кислот содержимого рубца жвачных. — "Бюлл. ВНИИФБиП с.-х. животных", 1974, вып. 2 (32), Боровск.

5. Курилов Н.В. и др. Влияние уровня клетчатки на процессы рубцового пищеварения и синтез молочного жира у коров. — "Животноводство", 1977, № 3.

6. Орт А., Кауфманн В. Пищеварение в рубце и его значение для кормления жвачных. — В кн.: Физиологические основы рационального кормления жвачных животных. М., "Колос", 1964.

7. Хид М. Роль рубца в переваривании целлюлозы. — Там же.

8. Чувьурова Н.И. Изменения электролитного состава биологических жидкостей овец в зависимости от типа кормления. — В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974 (Труды Коми филиала АН СССР, № 27).

ИОННЫЙ СОСТАВ ПАРОТИДНОЙ СЛЮНЫ КОРОВ И СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ

Н.И. Чувьурова, А.Э. Вебер

Функция слюнных желез играет важную роль в процессе пищеварения. Непрерывно секретируемая в больших количествах слюна у жвачных животных создает благоприятные условия для биохимических процессов, происходящих в желудке, поддерживает объем и качественный состав его содержимого, а также принимает активное участие в обмене минеральных веществ в организме.

Большой интерес представляет сравнительное исследование секреции и электролитного состава околоушных слюнных желез у различных видов жвачных животных. В связи с этим целью наших экспериментов явилось изучение суточной секреции и выделения электролитов со слюной паротидной железы у лактирующих коров и северных оленей в условиях зимнего и летнего содержания.

Материал и методика

Опыт проводили в летний и зимний периоды на трех лактирующих коровах холмогорской породы с живой массой 550–600 кг, годовым удоем 4–5 тыс. кг молока при жирности 3,6% и трех оленях-самцах в возрасте трех лет с живой массой 72 кг. Предварительно всем животным были наложены канюли на левосторонний проток околоушной слюнной железы по методике Стюарта [8]. Двухразовое кормление с интервалом 12 часов проводилось строго индивидуально с ежедневным учетом количества заданного корма и остатков, а также суточной секреции слюны из одной околоушной слюнной железы. Пробы слюны у животных брали четыре раза в сутки через равные промежутки времени и в них определяли натрий и калий методом пламенной фотометрии, кальций и магний — трилометрическим титрованием, фосфаты — по Бриггсу, сульфаты — нефелометрически, хлориды — потенциометрическим титрованием, бикарбонаты — по Ван-Слайку, pH — на pH-метре 340. Потребление электролитов с

кормами и их выделение со слюной выражали в расчете на 1 ц живой массы и на 1 кг сухого вещества рациона.

Результаты и их обсуждение

Фактическое потребление травы коровами в летний период составило в среднем за сутки 40 кг, зимой силоса – 30 кг и сена 2,3 кг. Кроме того, летом и зимой они получали по 3 кг комбикорма, 1 кг подсолнечникового шрота и 70 г поваренной соли.

В летний период с кормами суточного рациона лактирующие коровы в расчете на 1 ц живой массы потребляли 3048,7 мэкв. катионов и столько же анионов (табл.1). Среди катионов натрия занимал 8,3%, калий 26,9, кальций 43,9, магний 20,9%. Из анионов хлориды составляли 19,5, фосфаты 31,9, сульфаты 5,2%, остальная часть приходилась на ионы органических соединений.

Зимой общее поступление электролитов снизилось на 842,5 мэкв и составило 2206,2 мэкв., где на долю натрия приходилось 9,8%, калия 34,3, кальция 31,6, магния 24,3%. Среди эквивалентного количества анионов хлориды занимали 20,3, фосфаты 27,4, сульфаты 9,1%.

Северные олени, поедая в среднем за сутки 7,3 кг травы, получали в расчете на 1 ц живой массы 4365,8 мэкв. электролитов (табл.1), в том числе катионов натрия 0,3, калия 33,0, кальция 44,1, магния 22,6%; анионов хлорида 13,3, фосфата 7,3, сульфата 5,2%.

Таблица 1

Потребление электролитов (мэкв.) на 1 ц живой массы коров и оленей с кормами летнего и зимнего рационов

Ионы	Коровы		Северные олени	
	лето	зима	лето	зима
Na ⁺	252,2	215,7	14,7	5,7
K ⁺	819,1	756,5	1441,2	29,8
Ca ⁺⁺	1339,1	696,7	1924,2	88,5
Mg ⁺⁺	638,3	537,4	985,7	31,0
Сумма катионов	3048,7	2206,2	4365,8	155,0
Cl ⁻	594,8	448,7	579,2	3,3
HPO ₄ ⁻	972,2	603,5	319,0	54,4
SO ₄ ⁻	160,0	200,0	224,9	43,1

Северной оленей в среднем за сутки съедали 1,63 кг ягельного рациона. Поскольку ягель является скудным источником минеральных веществ, сумма ионов в зимнем рационе была в 28 раз ниже, чем в летнем. При этом изменилось и соотношение ионов, а именно, в зимнем рационе катионов натрия занимал 3,7, калий 19,2, кальций 57,1, магний 20,0%, среди анионов хлориды составляли 2,2, фосфаты 35,1, сульфаты 27,8%.

Вместе с кормами в пищеварительный тракт поступало большое количество слюны, содержащей в своем составе все макроэлементы. Выделение слюны за сутки с одного протока околоушной слюнной железы вышло от 50,5 до 62,0 л, у северных оленей – от 2,7 до 3,5 л.

Общая ионная концентрация слюны коров в летний период при pH составила 176,9 мэкв /л (табл.2). Среди катионов натрия составляла 81,8, калий 4,6, кальций 0,2, магний 0,3%. Из эквивалентного количества анионов на бикарбонаты приходилось 56,0, хлориды 13,9, сульфаты 0,04%.

Таблица 2

Концентрация электролитов (мэкв /л) в паротидной слюне коров и северных оленей

Ионы	Коровы		Северные олени	
	лето	зима	лето	зима
Na ⁺	8,69	8,55	8,20	8,33
K ⁺	167,9	178,4	106,4	121,4
Ca ⁺⁺	8,1	7,6	45,6	10,6
Mg ⁺⁺	0,3	0,3	3,7	1,7
Сумма катионов	176,9	186,9	157,0	134,5
Cl ⁻	99,0	126,0	57,0	67,8
HPO ₄ ⁻	17,7	17,5	19,2	18,7
SO ₄ ⁻	24,6	27,5	74,0	37,8
Остальные ионы	0,1	0,1	0,5	2,5

В зимний период суточная секреция с обеих слюнных протоков снизилась на 23 л. В сумме ионов доля катионов натрия увеличилась до 85,4%, бикарбонатов до 67,0% при сохранении концентрации остальных ионов.

У северных оленей в летнее время слюна околоушной железы

более насыщена электролитами (табл.2). Кроме того, наблюдались существенные различия и в соотношении электролитов. Летом отмечалась более низкая концентрация натрия (67,8%) и бикарбонатов (36,3%), чем зимой, когда доля натрия достигала 90,3%, а бикарбонатов 50,4%. Одновременно летом отмечена более высокая концентрация калия, кальция и фосфатов, чем при зимнем кормлении.

Поскольку в слюне, как и в любой другой биологической жидкости, все электролиты представлены как парные ионы и количество катионов всегда соответствует эквивалентное количество анионов, то понижение доли одних катионов (анионов) в их сумме всегда сопровождается повышением уровня других [2]. Такая закономерность наблюдалась и в ионном соотношении слюны коров и оленей.

Секретируемая в больших количествах слюна играет важную роль у жвачных животных в процессах пищеварения. Она необходима для смачивания и проглатывания корма, отрыгивания и повторного пережевывания пищи, а также имеет значение для поддержания объема и химического состава рубцового содержимого. Непрерывное выделение слюны околушной железой обуславливается влиянием химических и механических раздражителей, действующих на стенки желудка. Причем эти раздражители действуют на околушные слюнные железы рефлекторно с участием слюноотделительного центра [1].

Рассматривая электролитный состав слюны и секрецию околушных желез у лактирующих коров и северных оленей, следует принимать во внимание те конкретные условия кормления и содержания, в которых находятся эти животные. Прежде всего следует учитывать то обстоятельство, что коровы, являясь домашними животными, содержатся в оптимальных условиях кормления, а северные олени в течение всего года содержатся на естественных кормах. В короткий летний период, поедая зеленый корм, они набирают максимум питательных веществ, в то время как в длительный зимний сезон питание ягелем (лишайником) не может полностью удовлетворить их потребности в питательных веществах.

Минеральные элементы не способны синтезироваться в организме и поэтому их недостаток в кормах оказывает влияние на обмен веществ в организме в целом и на секреторную деятельность пищеварительных желез, в частности. Сравнивая имеющиеся нормы потребности лактирующих коров в минеральных веществах [5] с фактическим потреблением их с кормами в наших опытах, можно убедиться в том, что животные в течение года получали вполне достаточное количество электролитов и в ионном составе их слюны не отмечалось ярко выраженных сезонных особенностей.

Для удовлетворения потребностей организма взрослых северных

Таблица 4

Содержание слюны (л) и электролитов (мэкв.) у коров и оленей на 1 кг сухого вещества рациона

	Коровы		Северные олени	
	лето	зима	лето	зима
	7,5	7,9	3,3	6,1
	1253,0	1415,6	349,9	737,5
	30,2	59,7	149,9	64,4
	2,4	3,1	12,2	10,3
	4,2	4,7	4,3	4,9
	1319,8	1483,1	516,4	817,0
	744,0	994,2	208,2	458,6
	132,5	138,3	63,2	113,6
	183,1	218,4	243,4	229,6
	0,5	0,6	1,6	15,2

Выводы

Содержание паротидной слюны в расчете на 1 кг сухого вещества у коров в зимний период составляет 7,9 л, у северных оленей – соответственно 6,1 и 3,3 л. Количество выделяемой слюны и ее электролитный состав зависят от сезонных особенностей. Содержание электролитов в слюне околушных слюнных желез в летний период отличается от зимнего в основном за счет содержания ионами калия, кальция и фосфатов, в зимний период – за счет содержания ионов натрия и бикарбонатов.

ЛИТЕРАТУРА

- Сезонные изменения обмена электролитов и соотношений в организме северных оленей и лосей. Автореферат диссертации на соискание ст. канд. биол. наук, 1975.
- Е. С. Кислотно-щелочное равновесие у жвачных животных. Автореферат диссертации на соискание ст. канд. биол. наук, 1974.
- В. Ф. М. Научные и практические основы применения минеральных подкормок в северном оленеводстве. Тезисы доклада на Всесоюзном симпозиуме "Основные пути развития северного оленеводства", Норильск, 1973.

Сравнение поступления электролитов в рубец коров с кормами и со слюной околоушных желез показывает, что даже при учете секрета из одной железы количество натрия, поступающего со слюной, более чем в семь раз превышает поступление его с кормом. Около трети ионов фосфатов и хлоридов также поступает со слюной, остальные ионы имеют преимущественно кормовое происхождение [6].

У северных оленей роль слюны в обмене ионов, по-видимому, возрастает при кормлении их ягельным кормом. Суточное поступление электролитов в рубец со слюной летом вдвое ниже, чем поступление их с кормом, в то время как зимой оно, наоборот, в 17 раз больше [1]. Сравнивая суточную секрецию паротидной слюны на 1 ц живой массы, следует отметить, что интенсивность ее у коров выше, чем у оленей, в летний период на 13,8 л, в зимний — на 7,8 л. Такая разница, очевидно, в некоторой мере связана с тем, что у лактирующих, особенно высокопродуктивных животных, составные части слюны выполняют не только специфическую функцию в пищеварении, но и участвуют в синтетических процессах организма, в том числе и в молокообразовании.

Общее выделение электролитов со слюной у коров в два-три раза выше, чем у оленей (табл.3). Однако при летнем кормлении у оленей со слюной выводится больше, чем у коров, калия в два раза, кальция в четыре и сульфата в три раза. Северные олени, очевидно, максимально используют летом эти ионы, которые активно участвуют в обмене веществ и включаются в состав секрета околоушных желез.

Сравнение количества выделенной слюны и электролитов в расчете на 1 кг сухого вещества рациона показывает, что у коров в суточной секреции слюны и ионов в ней при зимнем и летнем кормлении существенных различий не имеется, а у северных оленей наблюдаются резко выраженные сезонные особенности (табл.4).

Следует отметить, что секреция паротидной слюны у северных оленей в летний период по сравнению с зимним снижается почти в два раза. Организм жвачных животных, видимо, обладает сложным адаптационно-компенсаторным механизмом, который активно участвует в регуляции межклеточного обмена и в зависимости от количества поступления электролитов с кормами усиливает или понижает их внутреннюю секрецию.

Таким образом, проведенные эксперименты позволили выявить электролитный состав паротидной слюны и ее суточную секрецию у лактирующих коров и северных оленей, а также установить некоторые сезонные особенности.

Таблица 4

Суточная секреция слюны (л) и электролитов (мэкв.) у коров и северных оленей на 1 кг сухого вещества рациона

	Коровы		Северные олени	
	лето	зима	лето	зима
объем слюны	7,5	7,9	3,3	6,1
Na	1253,0	1415,6	349,9	737,5
K	60,2	59,7	149,9	64,4
Ca	2,4	3,1	12,2	10,3
Mg	4,2	4,7	4,3	4,9
ионов	1319,8	1483,1	516,4	817,0
Cl	744,0	994,2	208,2	458,6
PO ₄	132,5	138,3	63,2	113,6
H ₂ PO ₄	183,1	218,4	243,4	229,6
СО ₃	0,5	0,6	1,6	15,2

Выводы

1. Суточная секреция паротидной слюны в расчете на 1 кг сухого вещества рациона у коров в зимний период составляет 7,9 л, в летний — 7,5 л, у северных оленей — соответственно 6,1 и 3,3 л.
2. У коров объем выделяемой слюны и ее электролитный состав имеет выраженных сезонных особенностей.
3. У северных оленей слюна околоушных слюнных желез в летний период более насыщена ионами калия, кальция и фосфатов, в зимний — ионами натрия, сульфатов и бикарбонатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вебер А.Э. Сезонные изменения обмена электролитов и кислотно-щелочных отношений в организме северных оленей и лосей. Докл. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, 1975.
2. Кочанов Н.Е. Кислотно-щелочное равновесие у жвачных животных. Л. "Наука", 1974.
3. Подкорытов Ф.М. Научные и практические основы применения белково-минеральных подкормок в северном оленеводстве. Тезисы докл. по проблеме "Основные пути развития северного оленеводства и задачи науки". Норильск, 1973.

4. Ташенов К.Т. Деятельность пищеварительных желез у лактирующих животных. Алма-Ата, "Наука", 1969.

5. Томмэ М.Ф., Дуксин Ю.П. Потребность крупного рогатого скота в минеральных веществах. - "Животноводство", 1975, № 8.

6. Чувьюрова Н.И. Показатели электролитного обмена в организме коров и овец в зависимости от структуры рациона. Дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. 1975.

7. Кешр А.Г., Geurink. Nieuwe inzichten in de natriumbehoefte on de natriumvoorzienin van melkkoeien. - "Tydschr.diergeskunde", 1966, 91, 9.

8. Stewart W.E., Stewart D.G. Technique for cannulation of parotid salivary duct of sheep. - "J.Appl.Physiol.", 1961, 16, 1.

МЕТОДИКА ИЗОЛЯЦИИ ПРЕДЖЕЛУДКОВ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

А.Ф. Симаков, А.Э. Вебер

Исследованиями последних лет выяснено, что стенки преджелудков жвачных животных принимают активное участие в сохранении внутреннего гомеостаза в организме и создании необходимых условий для процессов брожения в рубце.

Для изучения деятельности этого органа предложено несколько вариантов изолирования участка рубцовой стенки по типу павловского желудочка, которые детально описаны в руководстве А.А.Алиева [1]. Однако даже при самом тщательном уходе за животными опыты удается проводить только в течение двух месяцев, затем наступает атрофия сосочков и слизистая принимает несвойственную для рубца окраску. Кроме того, стенка рубца выкроенного мешка под действием хорошо развитой мускулатуры сильно сокращается и его объем становится небольшим.

Известна методика временной изоляции целиком полости рубца и сетки [8], но для ее осуществления необходимо проведение трех хирургических операций по наложению фистул на пищевод, рубец и сычуг. Жвачные животные плохо переносят фистулирование пищевода, так как канюля затрудняет продвижение пищевого кома.

Предлагаемая нами методика временной изоляции рубцово-сеточной полости жвачных животных требует минимального оперативного вмешательства и лишена, на наш взгляд, вышеуказанных недостатков. Она успешно испытана на овцах и северных оленях для выяснения обменных процессов через стенки преджелудков [2,3,4,5]. При этом необходима только одна хирургическая операция - наложение большой фистулы на рубец с внутренним диаметром 95-100 мм. Через 7-10 дней после заживления раневой поверхности и при нормальной функции рубца животное может быть многократно использовано в опытах.

Временная изоляция рубцово-сеточной полости достигается перекрытием пищевода с отведением всей секреторируемой слюны в сосуд

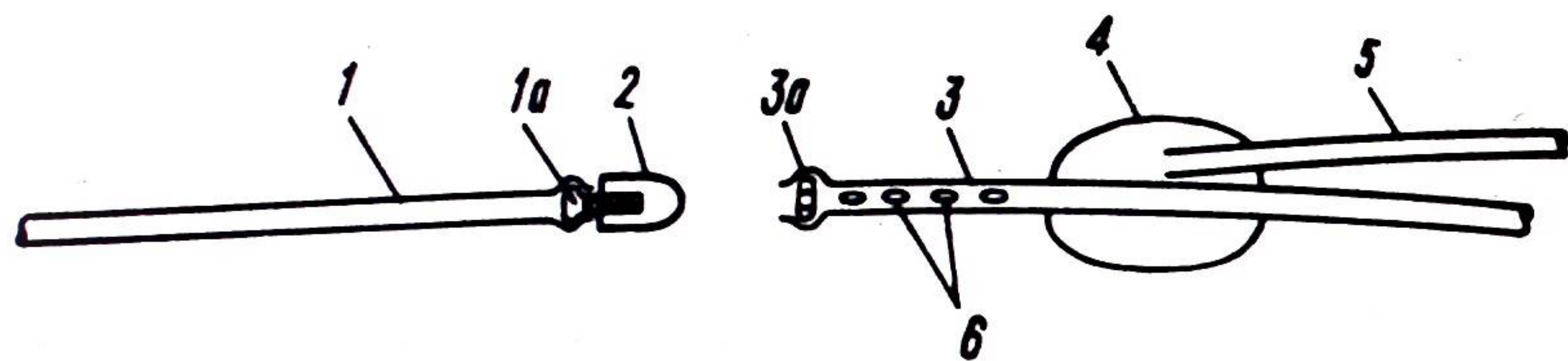


Рис.1. Приспособление для перекрытия пищевода. Объяснение в тексте

по принципу, разработанному Саттоном [7], и закупоркой прохода сетка-книжка пробкой [6].

Приспособление для перекрытия пищевода (рис.1) состоит из носопищеводной (1), слюноотводящей (3) и дополнительной (5) трубок и резинового баллона (4). Носопищеводная трубка заканчивается

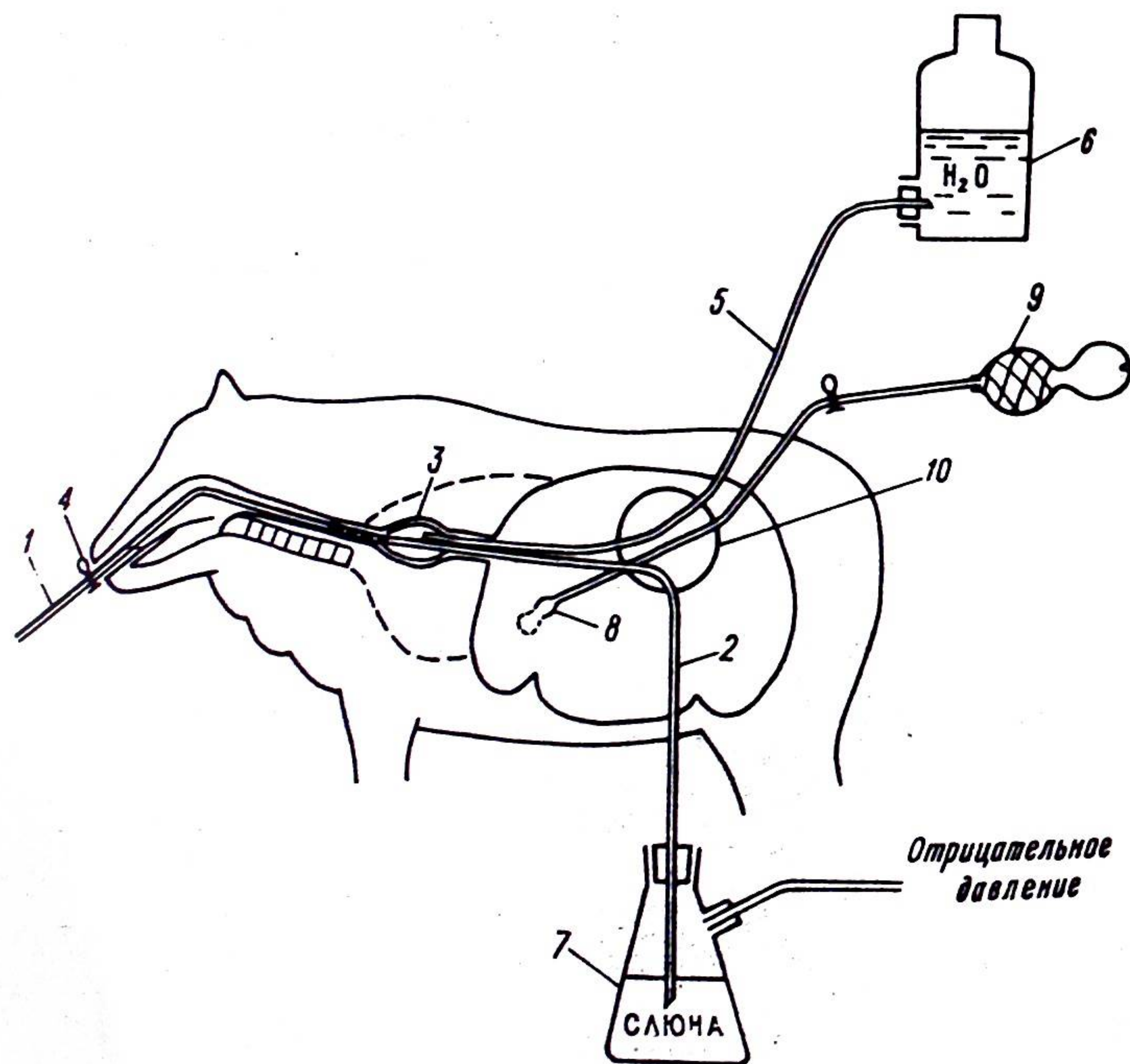


Рис.2. Общий вид животного с изолированными преджелудками. Объяснение в тексте

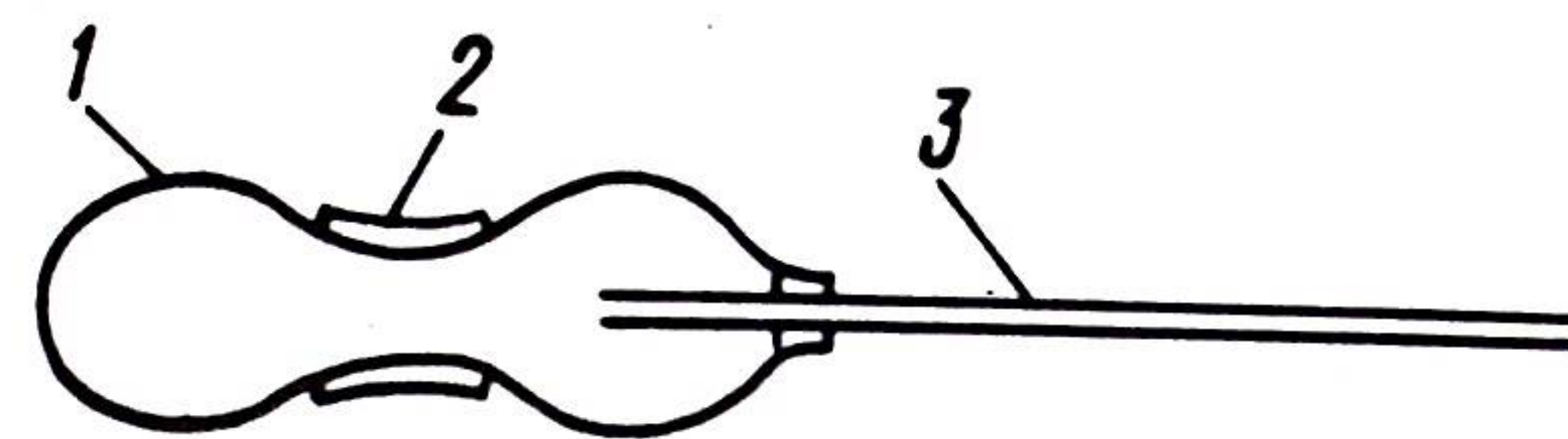


Рис.3. Пробка для отверстия между сеткой и книжкой. Объяснение в тексте

болтиком (1а), головка которого плотно вставлена в просвет трубки и закреплена. Для предупреждения травмы слизистой пищевода при введении трубки на выступающую часть болтика надевается резиновый колпачок (2). В просвет слюноотводящей трубки вставлена гайка (3а) для соединения с болтом носопищеводной трубки. На расстоянии 8 см от конца на слюноотводящей трубке укреплен резиновый баллон (4), в полость которого через дополнительную трубку (5) попадает избыточное давление. Слюноотводящая трубка перед баллоном перфорирована (6).

Для отведения слюны от преджелудков (рис.2) животному вводится носопищеводная трубка (1) через нижний носовой ход и пищевод в рубец. Конец носопищеводной трубки выводится из рубца через фистулу (10), снимается резиновый колпачок и привинчивается к слюноотводящей трубке (2). Полученная система соединенных трубок втягивается в пищевод за носопищеводную трубку так, чтобы баллон (3) находился в просвете пищевода на расстоянии около 10 см от пищеводно-рубцового сфинктера. Носопищеводная трубка фиксируется наложением обычного зажима (4) перед носовым ходом. Свободный конец дополнительной трубки (5) присоединяется к сосуду (6) с водой, поднятому над уровнем животного на 1 м. Баллон (3), наполняясь водой, перекрывает пищевод. Слюна через перфорированный участок перед баллоном и просвет слюноотводящей трубки (2) стекает в колбу (7) под влиянием отрицательного давления.

Сетково-книжковое отверстие закрывается пробкой (рис.3), состоящей из цилиндрического резинового баллона (1), который посредине снабжен поясом (2) из того же материала, что и баллон, причем ширина его примерно равна четверти длины баллона. В верхней части баллона имеется патрубок (3) для нагнетания воздуха.

Перед введением пробку складывают вдоль продольной оси и зажимают между большим и средним пальцами, а указательным нащупывают сетково-книжковое отверстие (рис.2). В сложенном виде постепенно вводят нижнюю часть баллона (8) в сетково-книжковый

проход. Через патрубок производят нагнетание воздуха грушей (9), продолжая удерживать верхнюю часть баллона в сложенном виде. Убедившись, что нижняя часть баллона находится в полости книжки, отпускают его верхнюю часть и продолжают нагнетать воздух. Благодаря избыточному давлению баллон приобретает форму двух шарообразных тел, сообщающихся между собой, и одновременно происходит плотное обжатие сетково-книжкового отверстия поясом, что обеспечивает полное разобщение сетковой полости от книжковой. Таким образом достигается временная изоляция полости рубца и сетки. Животное готово для проведения экспериментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев А.А. Оперативные методы исследований сельскохозяйственных животных. Л., "Наука", 1974.
2. Вебер А.Э. Сезонные изменения обмена электролитов и кислотно-щелочных отношений в организме северных оленей и лосей. Дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. Сыктывкар, 1975.
3. Кочанов Н.Е., Вебер А.Э. Процессы ионообмена в изолированных преджелудках северных оленей. - В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974 (Труды Коми филиала АН СССР, № 27).
4. Кочанов Н.Е., Симаков А.Ф., Чувьурова Н.И. Всасывание минеральных веществ и аминокислот в преджелудках овец. - Материалы Второго всесоюз. симпозиума по физиол. и патол. всасывания в желудочно-кишечном тракте. Одесса, 1973.
5. Симаков А.Ф. Динамика свободных аминокислот в жидкости рубца овец. - В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974 (Труды Коми филиала АН СССР, № 27).
6. Симаков А.Ф. Пробка для закупорки сетково-книжкового отверстия жвачных животных. Авт. свид. СССР № 490469, 1975.
7. Sutton I.D. a.oth. Technique for determining the ability of the reticulo-rumen of young calves to absorb volatile fatty acids at controlled pH. - "J.Dairy Sci.", 1962, 45, 11.
8. Wille s R.F. a.oth. Method for isolating the rumen of sheep in situ. - "J.Animal Sci.", 1969, 29, 4.

ТРАНСПОРТ ИОНОВ И ВОДЫ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРЕДЖЕЛУДКАХ ОВЕЦ

А.Э. Вебер, Н.И. Чувьурова, Г.В. Тулупов

На интенсивность и направленность процессов брожения в рубце большое влияние оказывает реакция среды, обусловленная ионным составом рубцовой жидкости, состоянием буферных систем и соотношением ионов в ней. Основным продуктом рубцовой ферментации являются летучие жирные кислоты (ЛЖК), концентрация которых зависит от скорости их образования и всасывания. Поскольку оба процесса идут одновременно, то количественно охарактеризовать их в действительности в естественных условиях сложно. Одновременно в преджелудках жвачных происходит и интенсивное всасывание и обмен минеральных ионов.

Цель наших исследований состояла в выяснении скорости всасывания анионов летучих жирных кислот и их взаимосвязи с обменом минеральных электролитов через стенку рубца при инкубации во временно изолированной рубцово-сетковой полости овец как натуральной рубцовой жидкости, так и солевых растворов.

Материал и методика

Опыты проводили на двух валухах в возрасте 1,5-2 года с живой массой 45 и 49 кг с временно изолированной рубцово-сетковой полостью по методике, описанной А.Ф. Симаковым и А.Э. Вебером [1]. В трех сериях с четырехкратной повторностью в изолированной рубцово-сетковой полости инкубировали:

- 1) натуральную рубцовую жидкость этого же животного;
- 2) солевой раствор № 1, сходный по ионному составу с натуральной рубцовой жидкостью;
- 3) солевой раствор № 2, в котором анионы летучих жирных кислот заменены хлоридами.

Подогретые до 39°C жидкости вводили в предварительно освобожденный от химуса и многократно промытый временно изолированный рубец на три часа, с извлечением через каждый час инкубационной жидкости. После окончания серии опыта слюну и остатки рубцового сока перемешивали и вводили обратно в рубец.

В пробах определяли рН на приборе АВС-1, натрий и калий - на ПФЛ-1, кальций и магний - трилометрически, аммоний - по Конвею, общий CO_2 - по Ван-Слайку, хлориды - потенциометрическим титрованием, фосфаты - по Бриггсу, сульфаты - нефелометрически, ацетат, пропионат и бутират на газожидкостном хроматографе "Цвет-134". Содержание бикарбоната и уголекислоты, двузамещенного и однозамещенного фосфата, анионов ЛЖК и свободных ЛЖК вычисляли по уравнению Гендерсон-Гассельбальха: $\text{pH} = \text{pK} + \lg \frac{\text{сопр.основание}}{\text{сопр.кислота}}$. Средние концентрации электролитов даны в ионограммах. Абсолютный почасовой обмен электролитов рассчитывали по изменению их концентрации во время инкубации и массе жидкости. Относительную скорость обмена жидкости и ионов определяли в процентах от инкубируемого количества жидкости и каждого из ионов в час.

Результаты исследований и их обсуждение

Опыты на временно изолированных преджелудках овец начинали через 3 часа после утреннего кормления, поэтому общая концентрация ионов в исходной натуральной рубцовой жидкости была высокой - $180,1 \pm 5,3$ мэкв/л (рис.1). Несмотря на то, что растительные корма бедны натрием, в рубцовой жидкости он составляет 66,7% суммы катионов за счет поступления со слюной. Концентрация аммония и двухвалентных катионов кальция и магния примерно в десять раз ниже, чем натрия, их относительная доля в общей концентрации ионов не превышает 7%, а парциальный вклад в осмотическое давление и ионную силу рубцовой жидкости мал из-за низких коэффициентов активности магния (0,40) и кальция (0,36) по сравнению с одновалентными ионами натрия (0,74), калия (0,72) и аммония (0,71) [5].

Все анионы рубцовой жидкости, за исключением хлоридов, обладают буферными свойствами. Основными буферными системами являются: бикарбонатная, фосфатная и органических кислот. Соотношение форм в каждой буферной системе зависит от рН раствора и рК соответствующей кислоты. Так, в исходной рубцовой жидкости при рН 6,34 примерно 80% фосфатов находится в виде H_2PO_4^- и 20% HPO_4^{2-} , так как рК этой буферной системы равен 7,198. Угольная кислота несколько сильнее (рК 6,352), и при данном значении рН отношение $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$ будет равно 1. Летучие жирные кислоты с рК от 4,874 до 4,756 еще более сильные, и доля свободных ЛЖК в исходной рубцовой жидкости не превышает 2-3%, остальную часть составляют анионы этих кислот - ацетат, пропионат и бутират. Следовательно, наибольшими буферными свойствами при физиологических значениях рН (6,0-7,0) в рубце обладают бикарбонатная и фосфатная системы.

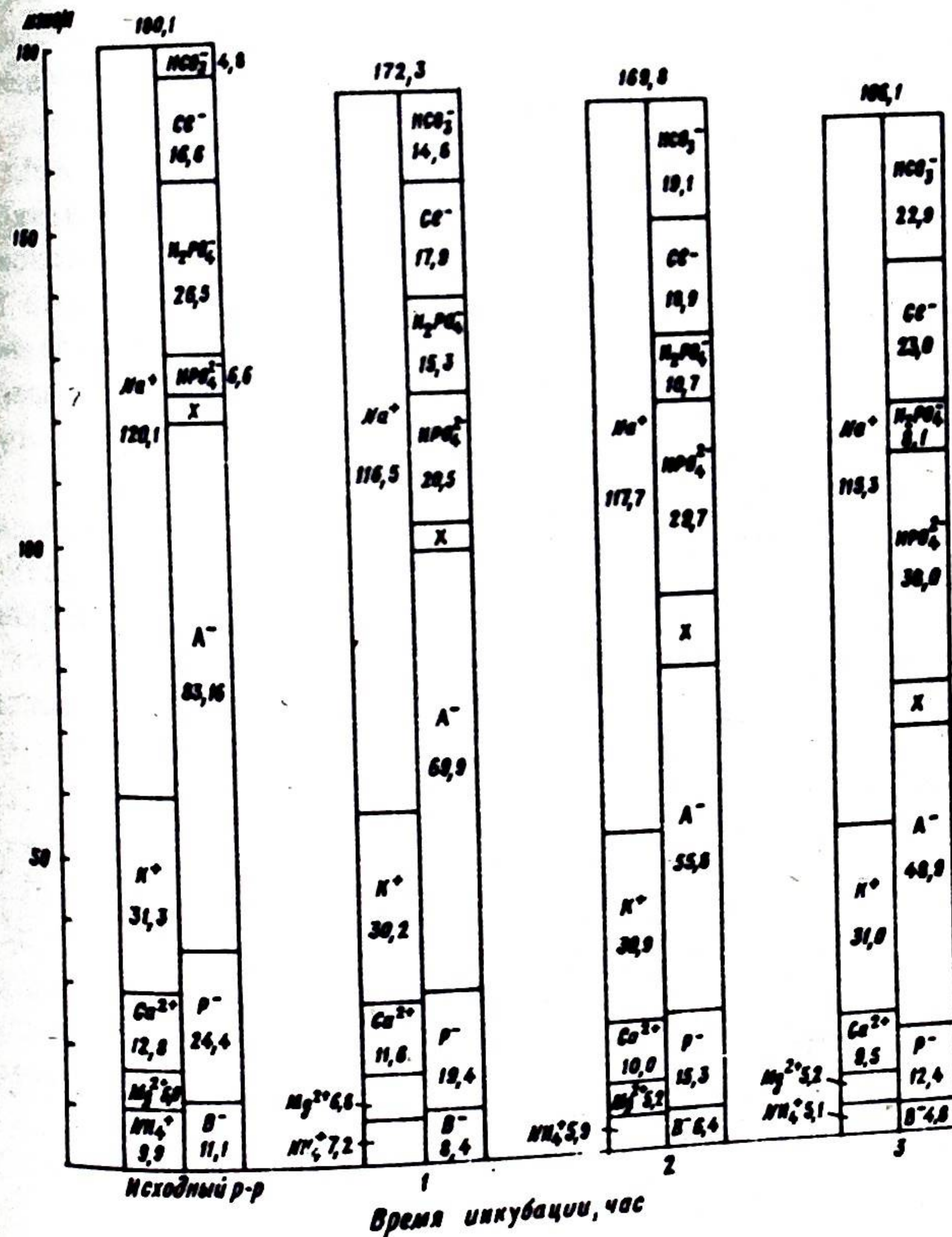
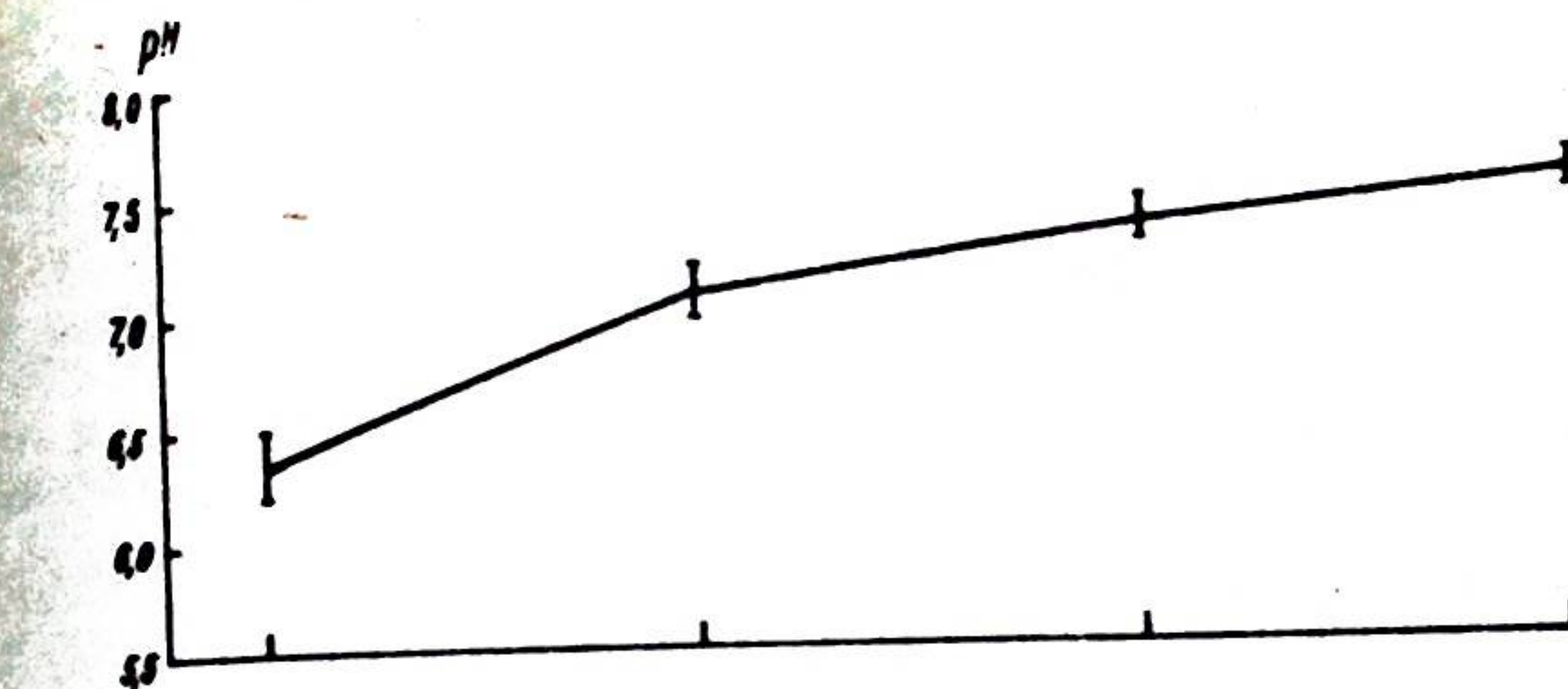


Рис.1. Динамика рН и ионограммы рубцовой жидкости при инкубации в изолированных преджелудках овец. (A^- - ацетат, P^- - пропионат, B^- - бутират, X - неопределяемые анионы органических кислот)

В процессе инкубации наблюдаются некоторые изменения в ионном составе жидкости (рис.1). Общая ионная концентрация снижается к концу инкубации на 14 мэкв/л. При этом относительное уменьшение концентрации аммония и кальция выражено сильнее, чем концентрации натрия и калия. Таким образом, не наблюдается повышения концентрации ни одного из катионов.

В то же время изменения концентрации анионов в рубцовой жидкости в процессе инкубации более значительны и имеют разный характер. Если концентрация анионов ЛЖК, на долю которых в исходной рубцовой жидкости приходится 66%, уменьшается почти наполовину, то концентрация остальных анионов, особенно бикарбонатов и фосфатов, наоборот, возрастает при одновременном изменении соотношения кислот к сопряженным основаниям, что выражается сдвигом реакции среды от слабокислой в исходной рубцовой жидкости до нейтральной через час и щелочной в последующие часы инкубации. Необходимо отметить, что сумма определяемых нами анионов в натуральной рубцовой жидкости несколько меньше, чем сумма катионов. Это можно объяснить тем, что не все анионы органических веществ, присутствующие в растворе, нами выявлены. Изомасляная и изомеры валериановой кислоты с разветвленной цепью могут составлять 4-5% суммы ЛЖК [9].

Установлено, что вода из рубца всасывается при концентрации ионов в жидкости 165 ммоль/л, которая является изоосмотической по отношению к плазме крови овец. Из растворов, концентрация которых составляет 175 ммоль/л, в течение часа наблюдается не большое движение воды [2]. Относительная скорость всасывания дистиллированной воды при инкубации в изолированном рубце овцы достигает 32% за первый час [7]. В наших опытах при средней концентрации ионов в исходной натуральной рубцовой жидкости 180,1 мэкв/л отмечается довольно высокая за первый час скорость всасывания воды - 146 мл, что составляет 5,1% инкубируемой жидкости. Во второй час, когда общая концентрация ионов в жидкости понижается, всасывание воды возрастает до 8,3%. В естественных условиях средняя скорость оборота воды, рассчитанная по изменению концентрации Ca^{51} - ЭДТА в рубце, равна 7,55% в час [10], что согласуется с нашими результатами по всасыванию воды в изолированной полости рубца-сетки.

Исходя из обмена воды и изменения концентрации ионов в рубцовой жидкости во время инкубации нами рассчитаны скорость всасывания (абсорбции) или секреции (эксорбции) каждого из определяемых ионов. Почти все присутствующие в натуральной рубцовой жидкости ионы всасываются через стенку рубца в кровь (табл.1), причем относительная скорость абсорбции ионов в целом выше ско-

рости всасывания воды, в результате чего общая концентрация ионов в процессе инкубации снижается. Из катионов в абсолютном выражении сильнее других всасываются ионы натрия, поскольку их в растворе более 67%. По относительной же скорости всасывания на первом месте стоит аммоний (в среднем 22,4% за час), затем идут кальций (14,7%), магний (9,2%), натрий (8,7%) и калий (7,3%). Возможно и обратное поступление натрия и калия из крови в полость рубца, например при инкубации в нем дистиллированной воды [7].

Таблица 1

Обмен жидкости (кг) и ионов (мэкв) в рубце овец при инкубации натуральной рубцовой жидкости

Ионы	Содержание в исходной жидкости	Обмен: всасывание(-), секреция(+)			
		за 1-й час	за 2-й час	за 3-й час	всего
Жидкость	2,86	0,15	-0,21	-0,18	-0,54
Na^+	341,6	-30,8	-22,2	-24,1	-77,1
K^+	89,8	-6,3	-5,2	-5,9	-17,4
Ca^{2+}	34,4	-5,0	-5,9	-1,7	-12,6
Mg^{2+}	16,4	+1,9	-5,6	-0,8	-4,5
NH_4^+	28,5	-6,9	-4,9	-2,8	-14,6
Сумма ионов	510,7	-47,2	-43,7	-35,2	-126,1
HCO_3^-	13,9	+25,9	+7,4	+4,4	+37,7
Cl^-	50,0	-0,5	-1,5	+2,2	+0,2
Фосфаты	85,4	-15,9	-5,5	-1,3	-22,7
SO_4^{2-}	4,0	-0,1	-0,4	-0,2	-0,7
Ацетат	238,1	-48,2	-48,6	-23,7	-120,4
Пропионат	69,9	-17,2	-13,9	-8,6	-39,7
Бутират	31,7	-8,9	-6,7	-4,2	-19,8

Принято считать, что всасывание ЛЖК идет пропорционально их образованию, а мольное соотношение ЛЖК в рубце отражает их относительное образование. Введением через фистулу в рубец ацетата, меченого C^{14} в карбоксильной группе, установлено, что через час происходит увеличение содержания уксусной кислоты примерно на 23% [8]. Установленная нами относительная скорость всасывания анионов ЛЖК в среднем за час достигает 23,6%, в том числе бутирата - 29,7, пропионата - 26 и ацетата - 22,2%.

В этой серии опытов абсорбируются фосфаты, но скорость всасывания их быстро снижается от начала к концу инкубации. Обмен хлоридов через стенку рубца если и происходил, то незначительно и недостоверно.

Таким образом, при инкубации натуральной рубцовой жидкости во временно изолированной рубцово-сетковой полости наблюдается всасывание большинства ионов, за исключением бикарбонатов. Они поступают в рубцовую жидкость в течение всего периода инкубации, особенно интенсивно в первый час, когда реакция среды слабощелочная и концентрация бикарбонатов низкая. Вместе с повышением их концентрации и изменением рН жидкости в щелочную сторону наблюдается снижение секреции бикарбонатов во второй и третий часы инкубации.

Известно, что в растворе электролитов не может происходить изменение концентрации одного из ионов без соответствующего изменения концентрации других. Основным процессом в ионообмене через стенку рубца между рубцовой жидкостью и кровью следует считать абсорбцию анионов ЛЖК. Абсолютная и относительная скорость всасывания их самая высокая. Имеются данные [2], свидетельствующие о том, что одна половина ЛЖК всасывается из рубца в виде анионов (ацетат, пропионат, бутират), а другая в виде свободных кислот. Причем скорость всасывания свободных кислот выше, чем анионов ЛЖК. Однако по уравнению Гендерсон-Гассельбальха в рубцовой жидкости жвачных животных даже при самом низком физиологическом значении рН, равном 6,0; менее 5% ЛЖК находится в виде свободных кислот, а при рН 7,0 все они представлены в форме анионов. Надо полагать, что микросреда при стенке рубца и в клетках ее имеет близкую к нейтральной реакции среды.

Отсюда, на наш взгляд, возможны два основных механизма всасывания анионов ЛЖК: первый - сопряженное эквивалентное всасывание их с катионом и второй - эквивалентный обмен на другой анион, поступающий из крови в полость рубца. Эти два процесса идут, по-видимому, одновременно, а их соотношение зависит от ионного состава рубцовой жидкости и реакции среды.

В наших исследованиях за первый час из натуральной рубцовой жидкости всасывается 74,3 мэкв. анионов ЛЖК и только 47,2 мэкв. катионов, преимущественно натрия, калия и аммония (табл.1). Следовательно, 64% анионов ЛЖК транспортируется сопряженно с катионами, остальная часть - в обмен на бикарбонаты. В последующие часы эквивалентный ионообмен анионов ЛЖК на бикарбонаты понижается и возрастает доля сопряженного всасывания с катионами.

Для изучения процессов ионообмена через стенку рубца могут быть использованы солевые растворы, в которых в зависимости от поставленных задач изменяется ионный состав [3,4]. Во второй серии опыта солевой раствор № 1 по ионному составу был аналогичен с натуральной рубцовой жидкостью, но без ионов аммония и бикарбоната (рис.2).

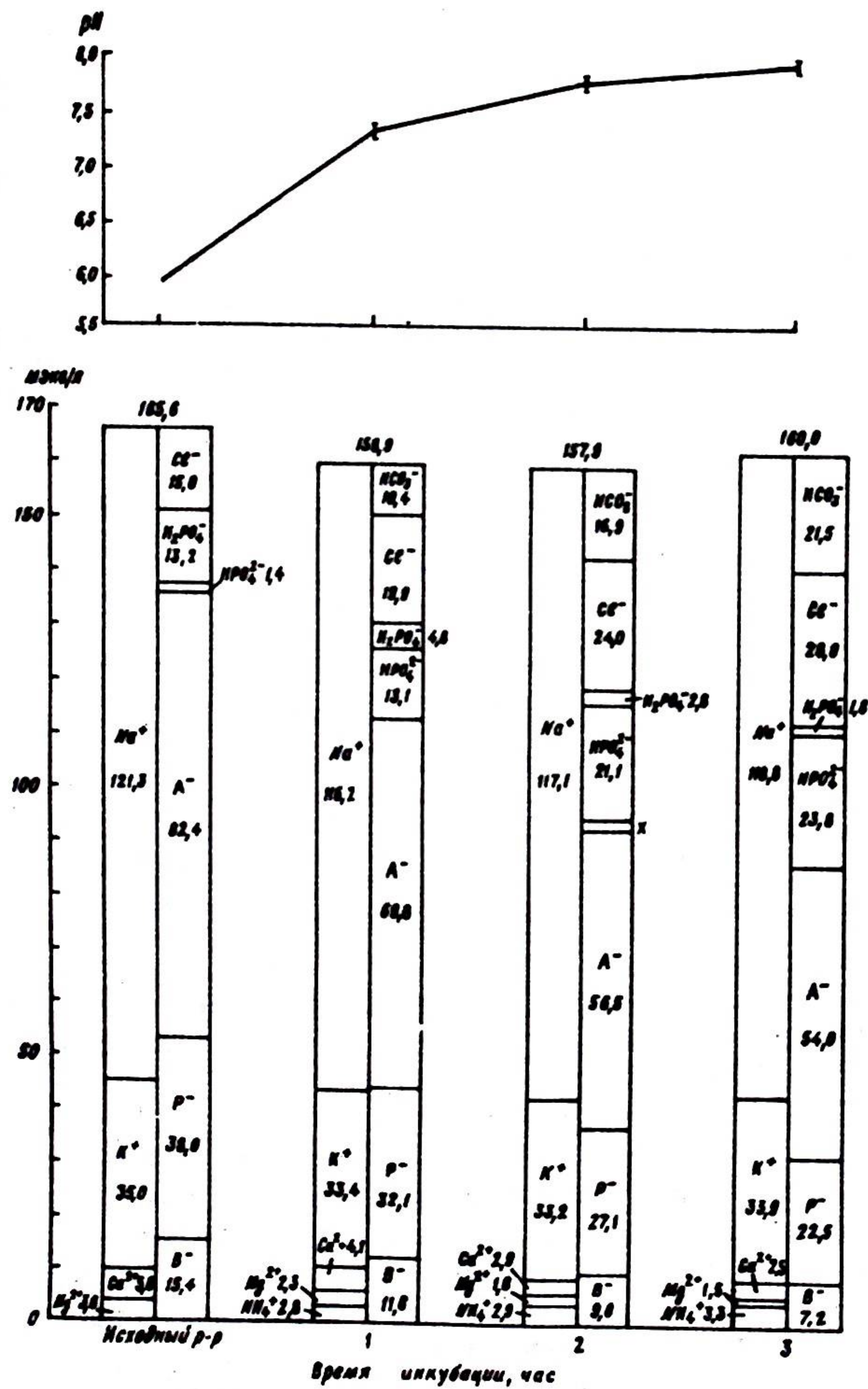


Рис.2. Динамика рН и ионограммы солевого раствора № 1 при инкубации в изолированных преджелудках овец. Обозначения те же, что на рис. 1.

Основные закономерности обмена жидкости и динамика концентрации ионов натрия, калия, бикарбонатов, хлоридов и анионов ЛЖК очень сходны с предыдущей серией опытов (табл.2). С понижением

Таблица 2

Обмен жидкости (кг) и ионов (мэкв.) в рубце овец при инкубации солевого раствора № 1

Ионы	Содержание в исходном растворе	Объем: всасывание (-), секреция (+)			
		за 1-й час	за 2-й час	за 3-й час	всего
Жидкость	3,29	-0,18	-0,22	-0,19	-0,59
Na ⁺	399,1	-38,6	-24,1	-17,3	-80,0
K ⁺	115,2	-11,3	-7,6	-4,3	-23,3
Ca ²⁺	18,4	-5,6	-4,1	-1,8	-11,6
Mg ²⁺	12,3	-5,0	-1,9	-1,2	-8,1
NH ₄ ⁺		+8,6	+1,0	+0,8	+10,3
Сумма ионов	545,0	-51,8	-36,7	-24,0	-112,7
HCO ₃ ⁻		+35,1	+15,1	+7,6	+57,9
Cl ⁻	49,3	+12,2	+7,2	+5,9	+25,4
Фосфаты	45,6	-10,5	+3,2	-7,8	-15,1
Ацетат	271,2	-53,3	-43,5	-18,2	-115,0
Пропионат	125,0	-25,4	-23,3	-15,0	-63,7
Бутират	50,8	-14,8	-10,1	-5,7	-30,5

общей концентрации ионов в солевом растворе в процессе инкубации возрастает относительная скорость всасывания воды, и она совпадает с относительной абсорбцией воды из натуральной рубцовой жидкости. Абсолютное всасывание анионов ЛЖК из солевого раствора выше, что можно объяснить более высокой концентрацией их в исходном солевом растворе, с одной стороны, и большим объемом инкубируемого раствора, с другой. Поэтому для сравнения целесообразно сопоставлять относительную скорость всасывания ионов. Этот показатель для ионов ЛЖК на 2-4% ниже, чем из натуральной рубцовой жидкости, причем эта разница выше для ацетата. Повышение скорости всасывания в ряду ацетат-пропионат-бутират сохраняется и составляет соответственно 17,5-22,3-27,7%.

При инкубации солевого раствора установлено еще несколько особенностей: во-первых, при отсутствии ионов аммония в исходном растворе они секретируются в полость желудка (табл.2). Секреция аммония возможна не непосредственно, а путем поступления мочевины с последующим гидролизом на аммиак и CO₂ [2]. Быстрее и

значительнее повышается рН раствора, и уже через час он приближается к рН крови, а к концу третьего часа достигает 7,88. Во-вторых, наряду с сопряженным всасыванием анионов ЛЖК с катионами и эквивалентным ионообменом на бикарбонаты в данных условиях наблюдается и обмен на хлориды, которых поступает в раствор за период инкубации 25,4 мэкв. Происходит ли этот процесс в естественных условиях, мало вероятно, так как концентрация хлоридов в рубцовой жидкости всегда ниже, чем в слюне и кормах, что указывает на их всасывание. В условиях временно изолированной полости рубца и сетки при инкубации солевого раствора скорость всасывания ЛЖК превышает абсорбцию катионов и секрецию бикарбонатов вместе взятых и, вероятно, поэтому происходит секреция хлоридов.

В третьей серии опыта в изолированной рубцово-сеточной полости инкубировали солевой раствор № 2, в котором анионы ЛЖК были заменены хлоридами при сохранении прежнего состава катионов и общей ионной концентрации (рис.3).

Одной из особенностей этой серии является медленное повышение рН к концу инкубации. Отличается и динамика концентрации ионов. Достоверное (P<0,05) снижение концентрации натрия в течение трех часов на 20 мэкв/л сопровождается возрастанием концентрации калия на 8 мэкв/л и фосфатов на 26 мэкв/л, а также появлением аммония в количестве 8 мэкв/л при отсутствии на всем протяжении опыта бикарбонатов и анионов ЛЖК.

Относительная скорость всасывания воды при этом составляет в среднем за час 10,4% инкубируемого количества раствора, т.е. примерно на 4% выше, чем в первые две серии опыта. Из анионов быстрее других всасываются хлориды (табл.3). Средняя относительная скорость всасывания их составила 22% в час. Если в первый час этот процесс шел по градиенту концентрации относительно крови, то в последующие часы хлориды всасывались против градиента. Считают, что хлорид может накапливаться в свободных от этих ионов растворах, помещенных в изолированную полость сетки-рубца, всасываться в кровь из рубца даже в том случае, если его концентрация в содержимом ниже, чем в плазме. Показано, если хлора в рубце содержится около 30 ммоль/л (1/3 концентрации плазмы), то он не всасывается из рубца и не поступает в негс. Для того чтобы наступило уравнение концентрации хлора в рубце до 1/3 концентрации плазмы, кровь должна быть на 30mV положительнее рубцового содержимого. Потенциал такого значения найден у овцы [2].

Таблица 3

Обмен жидкости (кг) и ионов (мэкв) в рубце овец при инкубации солевого раствора № 2

Ионы	Содержание в исходном растворе	Обмен: всасывание (-), секреция (+)			
		за 1-й час	за 2-й час	за 3-й час	всего
Жидкость	3,35	-0,30	-0,26	-0,33	-0,89
Ca ²⁺	416,1	-66,2	-245,5	-48,3	-160,1
Mg ²⁺	114,2	-7,0	-1,2	-3,1	-11,3
Na ⁺	12,6	-0,8	-1,9	-2,1	-4,8
K ⁺	2,8	-1,2	+0,2	-20,2	+1,3
Сумма ионов	545,7	+3,8	+8,8	+6,9	+19,5
CO ₃ ⁻	0	-69,0	-39,6	-46,8	-155,3
Cl ⁻	0	0	0	0	0
Фосфаты	411,7	-113,0	-45,2	-49,1	-207,3
PO ₄ ²⁻	116,6	+13,0	-5,4	-3,8	+3,8
Цетат	6,7	+3,3	1,7	-1,2	+0,4
Пропионат	0	0	0	0	0
Бутират	0	0	0	0	0

В предыдущих сериях опыта относительная скорость всасывания натрия и калия была примерно одинаковой. В третьей серии натрий сорбируется значительно быстрее (15,8%), чем калий (3,5%). На основании того, что концентрация в рубцовой жидкости ниже, чем в крови, а содержание калия, наоборот, выше, сделан вывод, что калий легче всасывается из рубца [1]. Наши опыты не подтверждают этого. Абсорбция натрия из солевого раствора № 2 сопряжена с всасыванием хлоридов, однако в первый час инкубации хлор транспортируется быстрее и часть его обменивается на поступающий в рубец фосфат. Таким образом, в определенных условиях и фосфаты могут переходить в рубцовую жидкость. В процессе инкубации анионы ЛЖК в солевом растворе не появляются, так как они, видимо, переходят из крови в полость рубца.

Проведенные опыты наглядно показали важное значение процесса ионообмена через стенку рубца как в усвоении питательных веществ, так и в регуляции кислотно-щелочных отношений в организме жвачных животных. Полученные величины скорости абсорбции ионов могут быть использованы для количественного определения всасывания отдельных летучих жирных кислот и минеральных ионов.

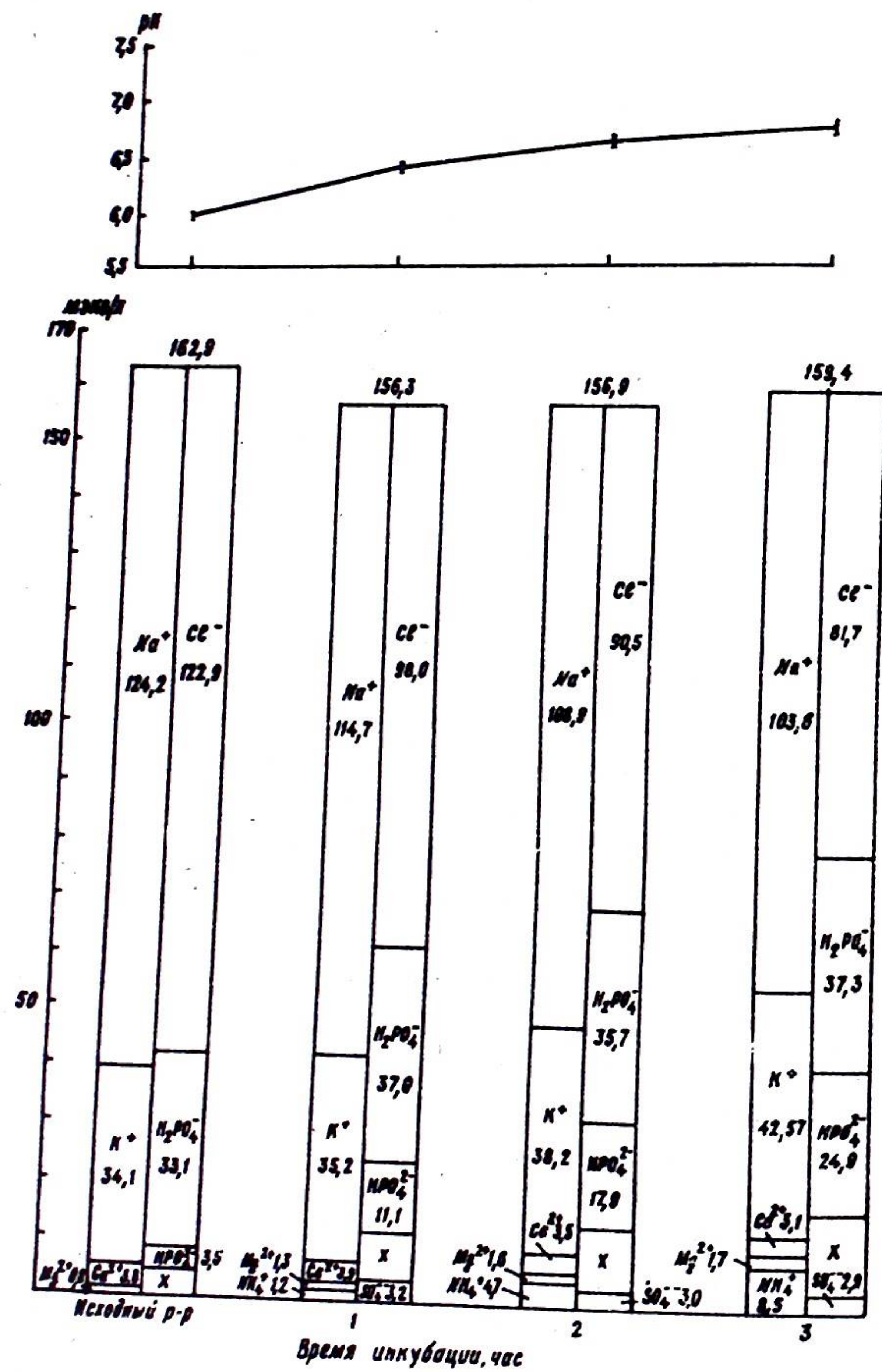


Рис. 3. Динамика pH и ионограммы солевого раствора № 2 при инкубации в изолированных преджелудках овец. Обозначения те же, что на рис. 1.

Выводы

1. Относительная скорость всасывания из рубцовой жидкости воды, ионов натрия, калия и магния составляет в среднем за 1 час 7-9%; кальция - 15%, аммония и ацетата - 22%, пропионата - 26% и бутирата - 30% от инкубируемого количества их в изолированной рубцово-сетковой полости.

2. Более половины анионов ЛЖК абсорбируются сопряженно с катионами, остальная часть - путем эквивалентного обмена на секретруемые бикарбонаты.

3. При исключении из солевого раствора анионов ЛЖК хлориды всасываются преимущественно с катионами натрия и частично в обмен на фосфаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барнет А., Рейд Р. Участие минеральных веществ в рубцовом метаболизме.-В кн.: Физиологические основы рационального кормления жвачных животных, М., "Колос", 1964.
2. Добсон А. Всасывание в рубце.- Там же.
3. Кочанов Н.Е., Вебер А.Э. Процессы ионообмена в изолированных преджелудках северных оленей.-В кн.: Физиология и биохимия животных. Сыктывкар, 1974 (Труды Коми филиала АН СССР, № 27).
4. Кочанов Н.Е., Чувьурова Н.И. Процессы обмена воды и ионов в изолированных преджелудках овец.-"С.-х. биология", 1977, т.12, № 3.
5. Ньюман У., Ньюман М. Минеральный обмен кости. М., Изд-во иностр. лит., 1961.
6. Симаков А.Ф., Вебер А.Э. Методика изоляции преджелудков жвачных животных. В наст. сб.
7. Чувьурова Н.И. Показатели электролитов обмена в организме коров и овец в зависимости от структуры рациона. Дис. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук, 1974.
8. Шоу Дж. Методы исследования процессов обмена в рубце применением радиоизотопов.-В кн.: Физиологические основы рационального кормления жвачных животных, М., "Колос", 1964.
9. Эннисон Е.Ф., Льюис Д. Обмен веществ в рубце. М.: Сельхозиздат, 1962.
10. Krishna G., Ekerp A. Estimation of rumen water volume, rate of flow of water and rumen dry mater turnover time by using 51 Cr-labelled EDTA in sheep. - "Indian veter.J.", 1976, 53, 4.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Кочанов Н.Е. Связь между кормлением жвачных животных и состоянием ионного равновесия в их организме.	3
Иванова Г.М. Усвоение и использование азота корма у жвачных животных в зависимости от растворимости протеина	20
Иванова Г.М., Чувьурова Н.И. Показатели азотистого обмена у коров и овец при разном уровне минеральных веществ в рационе	33
Симаков А.Ф., Кочанов Н.Е. Концентрация свободных аминокислот в крови и моче овец при различных состояниях ионного равновесия в организме	44
Симаков А.Ф., Бадло Л.П. Влияние структуры рациона на усвояемость аминокислот и полипептидазную активность в химусе овец	52
Бадло Л.П., Иванова Г.М. Влияние условий кормления овец на активность ферментов и использование азота	59
Бадло Л.П. Влияние солевой подкормки на азотистый обмен и полипептидазную активность в химусе овец	66
Кочанов Н.Е., Тулупов Г.В. Содержание кислот трикарбонового цикла при изменении ионного равновесия в организме овец	73
Тулупов Г.В. Влияние условий кормления на динамику летучих жирных кислот в рубце овец	87
Чувьурова Н.И., Вебер А.Э. Ионный состав паротидной слюны коров и северных оленей	95
Симаков А.Ф., Вебер А.Э. Методика изоляции преджелудков жвачных животных	103
Вебер А.Э., Чувьурова Н.И., Тулупов Г.В. Транспорт ионов и воды в изолированных преджелудках овец	107

УДК 612.015.31:636.084.2/3

СВЯЗЬ МЕЖДУ КОРМЛЕНИЕМ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И СОСТОЯНИЕМ ИОННОГО РАВНОВЕСИЯ В ИХ ОРГАНИЗМЕ. Кочанов Н.Е. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, №38). Сыктывкар, 1978.

Дана новая схема избирательного эквивалентного ионообмена в преджелудках, объясняющая щелочной характер ионного равновесия в организме жвачных животных в зависимости от условий кормления. Лит. 25 назв., ил.-6.

УДК 612.015.33+612.398

УСВОЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА КОРМА У ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАСТВОРИМОСТИ ПРОТЕИНА. Иванова Г.М. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, №38). Сыктывкар, 1978.

Исследованы корма, рубцовое содержимое и непереваренные остатки корма у коров, овец, северных оленей и лосей. При увеличении доли легкорастворимых фракций протеина свыше 50-55% от всего азота снижается степень использования усвоенного азота корма. Лит. 15 назв., табл.-3, ил.-2.

УДК 612.015.31/33:636.2/3

ПОКАЗАТЕЛИ АЗОТИСТОГО ОБМЕНА У КОРОВ И ОВЕЦ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАЦИОНЕ. Иванова Г.М., Чувьюрова Н.И. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, №38). Сыктывкар, 1978.

Установлено, что при концентратном типе кормления нарушаются соотношения между азотом, калием и кальцием, а также между кальцием, калием и фосфором. Даны оптимальные соотношения азота к калию, кальцию, фосфору и магнию в зимних рационах. Лит. 15 назв., табл.-4, ил.-1.

УДК 612.015.33+612.015.31: 636.3

КОНЦЕНТРАЦИЯ СВОБОДНЫХ АМИНОКИСЛОТ В КРОВИ И МОЧЕ ОВЕЦ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ ИОННО-

ГО РАВНОВЕСИЯ В ОРГАНИЗМЕ. Симаков А.Ф., Кочанов Н.Е. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, №38). Сыктывкар, 1978.

Сдвиг ионного равновесия в сторону кислотности вызывает уменьшение концентрации лизина, глутаминовой кислоты, фенилаланина, валина, лейцина в сыворотке крови и увеличение доли аммиачного азота в общем азоте мочи. Нормализация ионного равновесия сопровождается снижением интенсивности распада аминокислот. Лит. 7 назв., табл.-3.

УДК 612.3: 636.2

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ РАЦИОНА НА УСВОЯЕМОСТЬ АМИНОКИСЛОТ И ПОЛИПЕПТИДАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ В ХИМУСЕ ОВЕЦ. Симаков А.Ф., Бадло Л.П. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, №38). Сыктывкар, 1978.

Замена в рационе жвачных сена гранулированным кормом вызывает снижение усвояемости сухого вещества, сырого протеина и ряда аминокислот при сохранении относительного постоянства полипептидазной активности в химусе двенадцатиперстной кишки. Лит. 4 назв., табл.-2.

УДК 636.084: 612.3

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОРМЛЕНИЯ ОВЕЦ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА. Бадло Л.П., Иванова Г.М. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, №38). Сыктывкар, 1978.

Увеличение концентрированных кормов в зимнем рационе вызывает достоверное повышение протеолитической активности ферментов в химусе и трансаминазной активности в сыворотке крови овец при уменьшении степени использования азота в организме. Лит. 10 назв., табл.-4, ил.-2.

УДК 636.087.72:612.015.32

ВЛИЯНИЕ СОЛЕВОЙ ПОДКОРМКИ НА АЗОТИСТЫЙ ОБМЕН И ПОЛИПЕПТИДАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ В ХИМУСЕ

ОВЕЦ. Бадло Л.П. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, № 38). Сыктывкар, 1978.

Выяснено, что добавление в рацион ацетата калия улучшает усвоение и использование азота, усиливает работу пищеварительных желез, не оказывая значительного влияния на динамику полипептидазной активности в химусе тонкого кишечника. Лит. 5 назв., табл.-2, ил.-3.

УДК 577.12+612.015.31:636.2

СОДЕРЖАНИЕ КИСЛОТ ТРИКАРБОНОВОГО ЦИКЛА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ИОННОГО РАВНОВЕСИЯ В ОРГАНИЗМЕ ОВЕЦ. Кочанов Н.Е., Тулупов Г.В. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, № 38). Сыктывкар, 1978.

В биологических пробах овец выявлены пять кислот трикарбонОВОГО ЦИКЛА: фумарат, сукцинат, малат, альфа-кетоглутарат и цитрат. Обмен этих соединений находится в тесной зависимости от условий кормления животных и состояния ионного равновесия. Лит. 17 назв., табл.-4, ил.-3.

УДК 612.015.32:636.084:636.32/38

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КОРМЛЕНИЯ НА ДИНАМИКУ ЛЕЧУЧИХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В РУБЦЕ ОВЕЦ. Тулупов Г.В. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, № 38). Сыктывкар, 1978.

Дан уровень летучих жирных кислот в рубцовой жидкости овец в течение суток при различных условиях кормления. Лит. 8 назв., ил.-4.

УДК 612.015.31: 636.2

ИСННЫЙ СОСТАВ ПАРОТИДНОЙ СЛЮНЫ КОРОВ И СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ. Чувьурова Н.И., Вебер А.Э. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, № 38). Сыктывкар, 1978.

Представлены данные по концентрации ионов натрия, калия, кальция, магния, хлора, фосфора, серы, бикарбоната в слюне коров и северных оленей в условиях зимнего и летнего содержания животных. Лит. 8 назв., табл.-4.

УДК 612.3-578.08:636.2/3

МЕТОДИКА ИЗОЛЯЦИИ ПРЕДЖЕЛУДКОВ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ. Симаков А.Ф., Вебер А.Э. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, № 38). Сыктывкар, 1978.

Временная изоляция рубцово-сетковой полости овец и оленей проведена после наложения большой фистулы на рубец путем перекрытия пищевода и закупорки прохода пробкой. Лит. 8 назв., ил.-3.

УДК 636.32/38:612.32.015.3

ТРАНСПОРТ ИОНОВ И ВОДЫ В ИЗОЛИРОВАННЫХ ПРЕДЖЕЛУДКАХ ОВЕЦ. Вебер А.Э., Чувьурова Н.И., Тулупов Г.В. Кормление и обмен веществ у жвачных животных (Труды Коми филиала АН СССР, № 38). Сыктывкар, 1978.

Определена скорость транспорта воды и ионов натрия, калия, кальция, магния, аммония, бикарбоната, хлора, ацетата, пропионата и бутирата через стенку рубца при инкубации рубцовой жидкости и солевых растворов во временно изолированной рубцово-сетковой полости овец. Лит. 10 назв., табл.-3, ил.-3.

**КОРМЛЕНИЕ И ОБМЕН ВЕЩЕСТВ
У ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ**

Редактор
Художник С.Холопов
Техн. редактор М.Сазанская
Корректор В.Пименова

ЦО 3184 Подписано в печать 23/У1 -78 Формат 70x90 1/16.
Уч.-изд.л. 7,8. Печ.л. 9,4. Бум.тип. № 1. Тираж 500. Цена 55 коп.
Заказ № 279

Ротапринт Коми филиала АН СССР, г. Сыктывкар,
Коммунистическая, 26.