

## ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ ЖИВОТНЫХ

Изучена динамика возрастных изменений и содержание ряда химических элементов в органах и тканях животных начиная с внутриутробного развития. Микроэлементы определялись количественным эмиссионным спектральным анализом на приборе ИСП-28. Полученные данные свидетельствуют о том, что с ростом в органах плодов содержание железа, меди, цинка, никеля и марганца повышается. В первые месяцы жизни (молочный период) у телят отмечено снижение содержания микроэлементов и некоторая периодичность в процессе роста.

Содержание микроэлементов в органах животных зависит от ряда условий: вида, возраста, физиологического состояния и породы животного, химического состава кормового рациона и воды.

Микроэлементы накапливаются в разных органах животных в неодинаковых количествах, что зависит от функции органов, от участия микроэлементов в биохимических и физиологических процессах, происходящих внутри органа.

Микроэлементы, содержащиеся в тканях животных, различны по химическому составу и по биологической активности. Исходя из этого, Э. Андервуд [2] разделил микроэлементы, в зависимости от их биологической активности, на четыре группы: незаменимые, вероятно незаменимые, токсичные, физиологически неактивные.

Незаменимыми автор считает только железо, йод, медь, цинк, марганец и кобальт. Вероятно незаменимыми: фтор, бром, селен, молибден, барий, стронций. Существует классификация микроэлементов В.В. Ковальского [1].

С развитием науки о микроэлементах те или иные элементы перемещают из одной классификационной группы в другую. Например, М.Г. Коломейцева и Р.Д. Габович [3] в группу жизненно необходимых (незаменимых) микроэлементов отнесли алюминий, бром, йод, железо, кобальт, кремний, медь, марганец, молибден, фтор и цинк.

Была поставлена задача: исследовать содержание и динамику возрастных изменений меди, железа, марганца, никеля, кобальта, цинка и молибдена в органах крупного рогатого скота красной степной породы, начиная с внутриутробного развития.

Материалом для выполнения работы служили 756 образцов органов и тканей животных.

Научно-хозяйственный опыт проводился на 40 бычках красной степной породы, из ко-

торых были сформированы две аналогичные группы. При отборе животных в группы учитывался живой вес и возраст их матерей, живой вес и дата рождения телят.

Материалом для анализа служили: кровь, печень, почки, селезенка.

Органы и ткани животных были взяты во время контрольных убоев. Образцы плодов были отобраны при убое выбракованных коров в сроки стельности (3, 6 и 9 месяцев).

Содержание микроэлементов во всем материале определялся методом количественного эмиссионного спектрального анализа на кварцевом спектрографе ИСП-28. Концентрация элемента определялась методом трех эталонов.

Воспроизводимость метода спектрального анализа характеризовали средней квадратичной ошибкой единичного определения по формуле:

$$G = \frac{\sqrt{\sum (ci - \bar{c})^2}}{n - 1},$$

где  $ci$  - найденное значение концентрации при  $i$ -определении;

$n$  - число повторных анализов одной и той же пробы;

$\bar{c}$  - среднее арифметическое содержание определяемого элемента.

Относительная квадратичная ошибка (коэффициент вариации) рассчитывался по формуле:

$$V = \frac{G}{\bar{c}} \cdot 100.$$

Пробы органов и тканей животных весом 10-20г. высушивались до постоянного веса при температуре 105°, обугливались на электроплитке, а затем в течение 10-12 часов озолялись в муфельной печи МП-2М при температуре 450 °С до получения золы, не содержащей частичек угля. Зола растиралась в яшмовой ступке. Полученная зола органов животных наби-

васалась в угольные электроды, орошалась химически чистым раствором хлорида натрия и подсушивалась. Затем сжигалась. Сила тока в генераторе доводилась до 8 ампер в течение 30 секунд. Каждая проба фотографировалась в трехкратной повторности.

Спектрограммы фотометрировались на микрофотометре МФ-2 при 20 или 30-кратном увеличении.

Полученные данные обрабатывались статистически по методике В.А. Асатиани.

С целью установления взаимосвязи микроэлементов в органах и тканях телят, в процессе роста, была проведена математическая обработка аналитических данных методом корреляции (Н.Н. Плохинский).

### Содержание микроэлементов в цельной крови крупного рогатого скота

Результаты исследования крови приведены в таблице 1. Содержание сухого остатка крови увеличивается с ростом плода и телят в постнатальный период. Разница в накоплении минеральных веществ в периоды внутриутробного развития и постнатальный незначительна и статистически недостоверна ( $P > 0,05$ ).

Содержание минеральных веществ крови в период молочного кормления падает, а с переходом на смешанное кормление увеличивается. С ростом телят отмечается тенденция к накоплению минеральных веществ.

В крови из определяемых элементов в наибольших количествах содержится железо и цинк.

Результаты исследований показывают, что содержание исследуемых микроэлементов в крови плодов и телят в процессе роста претерпевает ряд существенных изменений. Отмечено относительно высокое содержание меди и цинка в крови у девятимесячного плода, а также в первый месяц жизни теленка. По-видимому, это связано со специфической ролью этого элемента в процессе дыхания и кроветворения. У телят 6, 12 и 16-ти месячного возраста содержание в крови меди несколько понижается. Возможно, это связано с некоторым снижением уровня окислительно-восстановительных процессов в этот период.

Количество цинка в крови животных старше шести месяцев несколько стабилизируется, а наблюдающиеся колебания его количества, статистически недостоверны ( $P > 0,02$ ).

Наибольшее содержание железа отмечается в крови шестимесячных плодов. В первые месяцы жизни теленка сохраняют низкий уровень железа, который, однако, резко повышается к 12 месяцам и сохраняется у взрослых животных (414 мг/л.).

Количество марганца в крови плодов имеет тенденцию к увеличению, в то время, как после рождения, начиная с шестимесячного возраста и старше, пределы колебаний марганца не резкие (0,033-0,039 мг/л.). Разница в накоплении его в крови взрослых и шестимесячных телят статистически недостоверна ( $P > 0,05$ ).

Не обнаружено достоверной разницы в содержании молибдена в крови плодов 6-ти и 9-ти месячного возраста и телят 12-ти и 16-ти ме-

Таблица 1. Содержание микроэлементов в цельной крови крупного рогатого скота в эмбриональный и постнатальный периоды развития

Показатели	Возраст плода, мес.			Возраст телят, молодн. мес.			
	3	6	9	1	6	12	16
Содержание сухого вещества, %	13,98	14,38	15,40	15,69	17,09	18,17	13,45
Содержание золы, %	1,03	1,15	1,13	1,20	0,93	0,99	0,37
Содержание микроэлементов, мг/л:							
Медь	0,260 ± 0,038	0,314 ± 0,023	0,737 ± 0,060	0,780 ± 0,035	0,515 ± 0,048	0,556 ± 0,064	0,436 ± 0,054
Цинк	1,309 ± 0,150	1,972 ± 0,170	4,530 ± 0,540	2,860 ± 0,270	3,153 ± 0,290	2,048 ± 0,220	2,468 ± 0,256
Марганец	0,0236 ± 0,0018	0,0334 ± 0,006	0,0603 ± 0,004	0,0217 ± 0,001	0,039 ± 0,004	0,035 ± 0,003	0,329 ± 0,002
Никель	0,079 ± 0,008	0,101 ± 0,005	0,158 ± 0,012	0,157 ± 0,0177	0,253 ± 0,019	0,564 ± 0,056	0,616 ± 0,085
Железо	156,8 ± 24,02	314,5 ± 26,80	273,2 ± 28,03	183,6 ± 34,02	371,03 ± 28,03	405,6 ± 41,6	414,4 ± 33,45
Молибден	0,0143 ± 0,007	0,0184 ± 0,002	0,0196 ± 0,003	0,0146 ± 0,0076	0,0183 ± 0,0098	0,0251 ± 0,002	0,028 ± 0,0023
Кобальт	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.

сячного возраста. Самое высокое содержание 0,0280 мг/л молибдена отмечено в крови взрослых животных.

Концентрация никеля с ростом плода повышается (хотя повышение статистически недостоверно).

У животных в 12-ти месячном возрасте отмечен значительный подъем концентрации никеля, который сохраняется и в более старшем возрасте.

**Содержание микроэлементов в селезенке**

Накопление сухого вещества и золы в селезенке плода идет до конца эмбрионального развития (таблица 2). В этом органе определены все элементы, за исключением кобальта, содержание которого очень мало и спектральным методом, без специального обогащения, нам обнаружить не удалось (таблица 2). По сравнению с другими органами, в селезенке установлена высокая концентрация железа.

Концентрация марганца в селезенке плода увеличивается пропорционально развитию плода и достигает максимума к моменту рождения. В первые три месяца жизни телят концентрация марганца находится на одном уровне (0,179-0,199 мг/кг), затем в 12-ти и 16-ти месячном возрасте наблюдается статистически достоверное увеличение содержания марганца (в 1,2 раза).

Количество железа в ткани селезенки постепенно увеличивается и к 16-ти месяцам содер-

жание его в 6 раз больше по сравнению с таковым у новорожденных телят.

По мере роста и развития плода количество меди и цинка увеличивается. В первый месяц жизни теленка концентрация их уменьшается на 58,5 и 36,0 процентов соответственно. Максимальное количество меди наблюдается у телят 12-ти месяцев, а в 16 месяцев ее содержание вновь снижается до 0,58 мг/кг.

В селезенке в разные возрасты телят содержание цинка подвергается изменению ям, которые, однако, статистически недостоверны.

Во все периоды развития плода по сравнению с этим показателем у взрослых животных, количество никеля в этом органе более стабильно. Имеющаяся разница статистически недостоверна (P>0,5).

Содержание молибдена в селезенке плодов увеличивается с возрастом. У взрослых животных концентрация его выше, чем у телят, возраст которых 3-6 месяцев. Однако разница в концентрации статистически недостоверна (P>0,5).

**Содержание микроэлементов в почках**

Количество сухого остатка и золы в почках в процессе развития плода постепенно нарастает. Наиболее высокий процент сухого остатка и золы обнаружен у телят в 6-ти месячном возрасте (таблица 3). Почки выделяются среди всех предыдущих органов высоким содержанием железа, марганца и цинка. Количество

Таблица 2. Содержание микроэлементов в селезенке крупного рогатого скота в эмбриональный и постнатальный периоды развития

Показатели	Возраст плода, мес.			Возраст телят, молодняка, мес.				
	3	6	9	1	3	6	12	16
	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
Содержание сухого вещества, %	15,63	17,94	23,01	19,89	21,55	22,77	21,05	22,35
Содержание золы, % от свежей ткани	1,34	1,43	1,51	0,96	1,29	1,47	1,44	1,33
Содержание микроэлементов, мг/кг свежей ткани:								
Марганец	0,075 ± 0,008	0,168 ± 0,030	0,214 ± 0,017	0,199 ± 0,009	0,179 ± 0,007	0,280 ± 0,003	0,320 ± 0,006	0,380 ± 0,005
Железо	28,50 ± 4,72	39,48 ± 9,62	78,40 ± 8,32	91,50 ± 8,46	170,5 ± 6,90	201,6 ± 38,21	241,2 ± 25,06	307,3 ± 46,90
Никель	0,434 ± 0,156	0,500 ± 0,04	0,549 ± 0,111	0,476 ± 0,092	0,364 ± 0,095	0,154 ± 0,018	0,115 ± 0,026	0,094 ± 0,011
Медь	0,144 ± 0,013	1,470 ± 0,06	1,540 ± 0,04	0,641 ± 0,196	0,475 ± 0,043	0,550 ± 0,027	0,881 ± 0,033	0,581 ± 0,061
Молибден	0,179 ± 0,001	0,328 ± 0,05	0,605 ± 0,007	0,590 ± 0,006	0,372 ± 0,005	0,397 ± 0,006	0,440 ± 0,009	0,521 ± 0,003
Кобальт	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Цинк	2,807 ± 0,69	8,580 ± 1,28	7,800 ± 1,36	5,040 ± 0,391	6,790 ± 0,637	3,150 ± 0,407	5,860 ± 0,546	6,660 ± 0,891

железа колеблется в пределах: у плодов от 41,72 до 61,6 мг/кг; у телят 3-6-ти месяцев от 47,97 до 150,93 мг/кг.

У животных в 12-16 месяцев количество железа снижается, что объясняем сезонностью кормления.

Содержание марганца в почках плода значительно возрастает к 9-ти месячному возрасту. С момента рождения и до 6-ти месячного возраста изменение концентрации его незначительное. Это явление трудно объяснить с точки зрения поступления марганца из внешней среды. Видимо, в организме происходит перераспределение этого микроэлемента, в связи с изменением функций отдельных органов и «биохимическим развитием» организма. В этот же период наблюдается уменьшение содержания марганца в селезенке и сердце. Максимальная концентрация марганца в почках наблюдается в период усиленного роста теленка.

Количество никеля в процессе развития плода уменьшается, достигая минимума к моменту рождения. С возрастом телят содержание никеля в почках увеличивается в три, а у взрослых животных в четыре раза по сравнению с телятами месячного возраста.

Накопление меди в различные периоды эмбрионального развития плодов более интенсивное, чем у телят. Это объясним незначительным поступлением меди с молоком в организм теленка, однако, с ростом телят содержание

меди изменяется, но мало. Изменение содержания меди в постнатальный период статистически недостоверно ( $P > 0,05$ ).

В плодах крупного рогатого скота содержание молибдена невысокое и в разные периоды развития составляет 0,027-0,085 мг/кг. У телят с ростом наблюдается тенденция к увеличению концентрации молибдена, особенно с 6-ти месячного возраста. В более старшем возрасте отмечается стабильность, выраженная постоянной концентрацией молибдена, равной 0,602-0,618 мг/кг.

Накопление цинка в почках в процессе развития плода увеличивается, достигая максимума к моменту рождения. В молочный период содержание цинка колеблется в пределах от 6,37 до 8,63 мг. Максимальное количество его наблюдается у телят в 12-ти месячном возрасте.

### Содержание микроэлементов в печени

Количество сухого вещества и золы в печени увеличивается с ростом плода и телят (таблица 4).

В печени плода и телят из всех определяемых микроэлементов, содержание железа, марганца, меди, молибдена и цинка наиболее высокое. Кобальт нами обнаружен только у телят в постнатальный период.

Данные таблицы 4 показывают, что с возрастом в печени происходят количественные

Таблица 3. Содержание микроэлементов в почках крупного рогатого скота в эмбриональный и постнатальный периоды развития

Показатели	Возраст плода, мес.			Возраст телят, молодняка, мес.				
	3	6	9	1	3	6	12	16
	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
Содержание сухого вещества, %	9,36	15,53	19,88	16,24	18,60	22,72	19,65	19,82
Содержание золы, % от свежей ткани	1,13	1,25	1,55	1,12	1,24	1,37	1,27	1,24
Содержание микроэлементов, мг/кг свежей ткани:								
Марганец	0,148 ± 0,01	0,327 ± 0,01	0,960 ± 0,09	1,764 ± 0,21	1,910 ± 0,33	1,820 ± 0,18	2,424 ± 0,22	2,559 ± 0,20
Железо	41,72 ± 3,52	43,4 ± 3,65	61,60 ± 4,31	39,63 ± 3,06	47,97 ± 3,36	150,9 ± 11,2	120,4 ± 9,67	98,71 ± 6,61
Никель	0,359 ± 0,05	0,474 ± 0,04	0,282 ± 0,01	0,167 ± 0,02	0,347 ± 0,03	0,479 ± 0,03	0,550 ± 0,04	0,663 ± 0,03
Медь	2,38 ± 0,24	2,45 ± 0,26	2,98 ± 0,22	1,58 ± 0,27	1,78 ± 0,26	2,51 ± 0,16	1,02 ± 0,14	1,50 ± 0,08
Молибден	0,028 ± 0,004	0,08 ± 0,01	0,034 ± 0,004	0,094 ± 0,003	0,165 ± 0,002	0,708 ± 0,01	0,602 ± 0,01	0,618 ± 0,02
Кобальт	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.	н/обн.
Цинк	0,667 ± 0,13	4,230 ± 0,16	9,700 ± 0,69	6,370 ± 0,86	8,630 ± 0,54	7,870 ± 0,27	12,20 ± 0,78	7,930 ± 0,79

изменения микроэлементов, содержание которых в процессе роста плода увеличивается. Подобной зависимости у телят не установлено.

Анализируя экспериментальный материал видно, что наибольшее количество марганца у плода обнаружено к моменту рождения. Относительно высокая концентрация его отмечена у телят в возрасте от трех до 12-ти месяцев. У взрослых животных наблюдается некоторое понижение количества марганца.

Концентрация железа в печени во все периоды роста установлена в пределах небольших колебаний у плода от 121,5 до 370,2 мг/кг, у телят от 151,6 до 237,5 мг/кг. Различия в накоплении железа между плодом в 9 месяцев и телятами в постнатальный период жизни статистически достоверны (P<0,02).

В печени взрослых животных содержание железа ниже на 34,5% по сравнению с телятами трехмесячного возраста.

Содержание никеля с ростом плода увеличивается, однако, максимальное его количество наблюдается у телят в постнатальный период, особенно в первые шесть месяцев. У взрослых животных отмечается понижение количества никеля. Разница в накоплении никеля у телят в ранний период жизни и взрослых животных статистически достоверна (P<0,025).

Накопление молибдена в печени идет пропорционально росту плода. Наибольшее количество его установлено к моменту рождения и

у телят в 3-х месячном возрасте. Имеющаяся разница для телят месячного возраста и взрослых недостоверна (P<0,05).

Телята рождаются с большим запасом цинка. В течение первых месяцев жизни (молочный период) запас его в печени сокращается на 56,3%. Некоторое увеличение его отмечаем у телят в 6 месяцев (до 43,47 мг).

Максимальное накопление меди отмечается у плода в девять месяцев, однако у телят в молочный период сокращается содержание его на 73,4%.

У взрослых животных наблюдается тенденция к сокращению содержания меди в печени по сравнению с телятами. Различия достоверны (P<0,05).

Нами проводилось сравнение накопления микроэлементов (в возрастном аспекте) в крови печени, почках и селезенке телят, содержащихся на разном уровне молочного кормления.

Результатами биометрической обработки было установлено, что имеющаяся разница в содержание меди, цинка, марганца, никеля, молибдена и железа в данных органах у телят (обеих групп) одного возраста, статистически недостоверна (P>0,05-P=0,5).

Исследованиями установлено, что самая высокая концентрация меди в печени 9-месячного плода. Повышенное содержание меди свидетельствует о необходимости этого элемента для роста и развития организма, обусловлен-

Таблица 4. Содержание микроэлементов в печени крупного рогатого скота в эмбриональный и постэмбриональный периоды развития

Показатели	Возраст плода, мес.			Возраст телят, молодняка, мес.				
	3	6	9	1	3	6	12	16
	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
Содержание сухого вещества, %	16,80	19,27	20,59	19,22	24,23	26,59	27,40	31,79
Содержание золы, % от свежей ткани	1,18	1,21	1,38	1,05	1,31	1,61	1,48	1,39
Содержание микроэлементов, мг/кг свежей ткани:								
Марганец	0,222 ± 0,02	0,400 ± 0,027	0,642 ± 0,032	0,414 ± 0,05	1,476 ± 0,27	1,313 ± 0,297	1,419 ± 0,31	0,875 ± 0,05
Железо	128,2 ± 19,26	167,6 ± 15,32	370,2 ± 12,80	237,5 ± 15,27	151,6 ± 11,22	147,7 ± 18,71	157,1 ± 8,44	99,9 ± 6,81
Никель	0,080 ± 0,004	0,139 ± 0,008	0,395 ± 0,021	1,395 ± 0,06	1,450 ± 0,086	1,070 ± 0,069	0,756 ± 0,05	0,994 ± 0,06
Медь	4,55 ± 1,11	8,33 ± 1,64	39,60 ± 2,31	12,10 ± 1,59	11,15 ± 1,75	10,32 ± 2,05	4,26 ± 0,56	8,69 ± 1,29
Молибден	0,390 ± 0,05	0,790 ± 0,080	0,970 ± 0,11	1,075 ± 0,15	1,793 ± 0,20	1,009 ± 0,20	1,025 ± 0,25	1,400 ± 0,31
Кобальт	н/обн.	н/обн.	н/обн.	0,077 ± 0,005	0,097 ± 0,003	0,112 ± 0,027	0,107 ± 0,023	0,143 ± 0,02
Цинк	26,48 ± 1,59	38,21 ± 1,89	71,44 ± 3,06	52,16 ± 2,88	31,27 ± 1,59	43,47 ± 3,03	39,26 ± 3,59	33,62 ± 3,68

ное положительным воздействием меди на различные ферментативные процессы.

В тканях 16-месячного молодняка содержание меди распределяется в следующем убывающем порядке: печень, почки, селезенка, кровь.

По мере роста телят от 3-16 месяцев обнаружено снижение меди в печени с 11,15-8,69 мг/кг. Вероятно, это связано с окислительно-восстановительными процессами, которые в более ранний возрастной период протекают более интенсивно.

Значительное содержание марганца отмечено в тканях в последние три месяца развития плода. В печени и почках отмечена повышенная концентрация марганца у растущих телят. Это связано с участием марганца, как активатора, во многих ферментативных процессах,

обеспечивающих белковый, минеральный, углеводный и жировой обмен. В частности, марганец является составной частью аргиназы, которая активирует образование в почках мочевины и расщепление ее в печени.

В период развития животного распределение цинка подвергнуто значительным изменениям. Вероятно это связано с интенсивными процессами роста, так как цинк входит в состав дегидрогеназы, пептидазы, трансфосфорилазы, которые оказывают определенную роль в обмене белков и углеводов.

Высокая концентрация железа наблюдается в крови. Это связано с тем, что оно входит в состав гемоглобина, окислительная функция которого наиболее эффективно проявляется в постэмбриональном периоде [3].

---

**Список использованной литературы:**

- 1 Ковальский, В.В. Значение микроэлементов в животноводстве. «Природа», № 4 [Текст]/ В.В. Ковальский - М., 1954.
- 2 Андервуд, Э. Микроэлементы у животных. В кн.: «Макроэлементы» [Текст]/ М., 1962.
- 3 Коломейцева, М.Г. Микроэлементы в медицине [Текст]/ М.Г. Коломейцева, Р.Д. Габович - М., 1970.
- 4 Асатиани, В.А. Новые методы биохимической фотометрии [Текст]/ В.А. Асатиани - 1965.
- 5 Плохинский, Н.А. «Биометрия» [Текст]/Н.А. Плохинский - Новосибирск, изд-во СО АН СССР, 1961.