

## ЭЛЕМЕНТЫ МЕТАБОЛИЗМА ФОСФОРА В ОРГАНИЗМЕ МОЛОЧНЫХ КОРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ЛЕТНИХ И ЗИМНИХ РАЦИОНОВ

**Капсамун Андрей Дмитриевич<sup>1</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук, зав. отделом кормопроизводства

**Дегтярев Владимир Павлович<sup>2</sup>**, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник отдела кормопроизводства

**Павлючик Екатерина Николаевна<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела кормопроизводства

**Иванова Надежда Николаевна<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела кормопроизводства

<sup>1</sup> ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель», 170530, Тверская обл., Калининский р-н, п. Эммаусс, д.27, тел. +7 (4822) 37-85-86; e-mail: 2016vniimz-poo@list.ru

<sup>2</sup> ФГБНУ Московский НИИСХ «Немчиновка», 143026, Московская обл., Одинцовский р-н, п. Новоивановское, ул. Агротехников, дом 6, тел. +7(495) 591-83-91; e-mail: niicrnz@mail.ru

**Ключевые слова:** кормление, обмен, метаболизм, фосфор, статистический анализ.

Статья посвящена актуальной проблеме изучения особенностей обмена фосфора в организме молочных коров в условиях летнего и зимнего рационов кормления. Экспериментальная и аналитическая части исследований выполнены в ФГБНУ ВНИИМЗ, на опытном полигоне, расположенном в юго-восточной части Тверской области. Зоотехническая часть исследования проводилась на коровах черно-пестрой породы с продуктивностью 4600..5000кг молока. Эксперимент проводился на летних и зимних рационах кормления в специальном помещении. В опытах был обеспечен методический принцип «единства межгруппового различия» и наличия контрольных животных, позволивший получить объективные сравнительные экспериментальные данные и достоверные выводы на основе математической обработки с использованием статистических компьютерных программ. Исследования результатов физиологического опыта проводились методом корреляционного и регрессионного анализов. Методом корреляционного анализа определялись взаимозависимость содержания фосфора в корме, кале, моче, молоке и в теле (баланс) животных от его содержания в рационе. Он позволил установить общие взаимосвязи в метаболизме фосфора, протекающие в организме животного в летних и зимних рационах кормления. Установлено, что фосфор корма в основном выводится из организма коровы с калом, а из мышц и тканей, в основном, поступает в молоко и мочу. Коэффициент переваривания фосфорорганических соединений силосов и всасывания фосфора в кровь оказался значительно ниже – 29,79 и 37,65%, чем при скармливании зеленых натуральных кормов. Ретенция фосфора у подопытных животных в зимний период кормления силосом из козлятника восточного была максимальной – 19,68 г, тогда как из клевера лугового – 9,14г. Выводы, сделанные при анализе корреляционных матриц, в основном, подтверждают и уточняют зависимости концентраций фосфора в кале и моче от содержания его в корме, и описываются параболой, вершины которой соответствуют диапазону концентраций фосфора в корме от 83 до 87 г.

### Введение

Макроэлементы кормовых средств в значительной мере определяют общий уровень затрат питательных веществ на продукцию и устойчивость животных к болезням. Однако использование минеральных веществ зависит от их обменных фондов и может достигать значительных величин. Установлено, что коровы в первую стадию лактации на образование молока используют из депо скелета до 40% минеральных веществ. При этом, если даже минеральное питание молочных коров достаточное, мобилизация минеральных веществ из скелета физиологически обоснована и может достигать 20%. Об этом свидетельствуют труды классиков кормления [1, 2, 4-10, 12, 14, 15].

В этой связи представляет интерес исследование элементов метаболизма фосфора в организме животного, особенностей его обмена и исполь-

зования у лактирующих коров в летний и зимний периоды кормления, а также степень удовлетворения потребностей животных за счет естественного содержания этого элемента в основных кормах рациона.

### Объекты и методы исследований

Экспериментальная и аналитическая части исследований выполнены в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель» (ФГБНУ ВНИИМЗ). Исследования проводили на коровах черно-пестрой породы с продуктивностью 4600..5000 кг молока.

Для изучения процессов поедаемости кормов, переваримости и использования питательных веществ различных рационов, процессов обмена макроэлементов в организме коров проведены физиологические опыты по методикам ВНИИ жи-

Таблица 1

**Обмен и использование фосфора у лактирующих коров при скармливании силоса из клевера лугового и козлятника восточного**

Показатель	Период			
	летний		зимний	
	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Потреблено, г	106,6±1,22	95,70±1,07	69,82±1,64	88,63 ± 3,02
Абсорбировано, г	27,68±6,51	26,30±4,64	20,80 ±3,67	33,37 ± 7,78
% от потребленного	25,97±5,86	32,01±4,07	29,79 ±4,83	37,65 ± 7,43
Выделено с мочой, г	9,05±1,19	14,05±1,74	1,095 ±0,12	1,589 ± 0,091
% от потребленного	8,49±1,13	14,68±1,68	1,57 ±0,18	1,793 ± 0,070
% от абсорбированного	32,69±12,5	35,42±3,82	16,96 ±0,55	4,762 ±1,086
Выделено с молоком, г	7,73±1,25	8,39±2,20	10,56 ±1,34	12,10 ± 1,29
% от потребленного	7,25±1,12	8,77±2,32	15,12 ± 1,65	13,65 ±1,94
% от абсорбированного	27,93±3,48	31,90±4,28	52,59 ±3,55	36,26 ± 11,71
Ретенция, г	10,90±6,64	3,86±2,30	9,145 ±2,23	19,68 ± 3,46
% от потребленного	10,22±6,07	4,03±0,63	13,09 ± 3,06	22,20 ± 3,09
% от абсорбированного	39,39±16,2	14,68±11,07	43,97 ± 4,12	58,98 ± 7,66

вотноводства им. Л.К. Эрнста и ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса и зоотехнический анализ с учетом рекомендаций [3, 11]. Минеральный состав в средах определяли в лаборатории исследований кормов ФГБНУ ВНИИМЗ.

Для опыта были отобраны 2 группы животных по 3 коровы – аналога из каждой группы. Эксперимент проводился на летних и зимних рационах кормления. Опыты по кормлению состояли из 2 периодов – подготовительного (20 дней) и учетного (8 дней). Принципиальное различие в кормлении молочных коров между группами состояло в том, что животным контрольной группы скармливали зеленую массу (летний период) и провяленный (до 35%) силос из клевера лугового (зимний период), а животным опытной – зеленую массу и провяленный (35%) силос из козлятника восточного. Все животные получали суточную подкормку: 100г поваренной соли в смеси с 0,3кг ячменной дерти. Условия содержания коров были одинаковыми и отвечали зоотехническим требованиям.

Методом корреляционного анализа определялись взаимозависимости содержания фосфора в корме, кале, моче, молоке и в теле (баланс) животных. Он позволил выявить общие (линейные) взаимосвязи в метаболизме этого элемента, протекающие в организме животного при зимних и летних рационах кормления.

Расчет уравнений парной нелинейной регрессии, показывающих зависимость содержания фосфора в кале, моче, молоке и в теле животного от его содержания в рационе, позволяет выявить истинную форму связи и силу влияния фактора содержания элемента в рационе на химический состав продуктов и экскрементов животных. Степень воздействия фактора корма на вариабельность содержания фосфора в определенной среде организма определялась по методу Н.А. Плохинского [13] путем деления факториальной суммы квадратов на полную.

#### Результаты исследований

Данные балансовых опытов свидетельствуют о том, что из клевера в летних рационах коровы получали фосфора больше, чем из козлятника восточного, однако, по количеству этого элемента, использованного в желудке и кишечнике, межгрупповые различия были незначительными – 27,68 и 26,30г, или в два раза меньше, чем всосалось каль-

ция в это время (табл.1).

В процессе сбраживания углеводов в ферментируемой массе интенсивно накапливаются низкомолекулярные жирные кислоты и, в частности, ацетат фосфора, имеющий высокую степень диссоциации, кислые и щелочные фосфатазы, которые должны способствовать вытеснению ортофосфата из органических соединений.

Тем не менее, коэффициент переваривания фосфорорганических соединений силоса из клевера лугового и всасывания фосфора в кровь оказался значительно меньше (29,79), чем при скармливании силоса из козлятника восточного (37,65 %). С мочой у животных подопытных групп экскрецировалось в контрольной группе – 1,095, опытной – 1,589 г/сут. количества фосфора.

Межгрупповое различие в выделении его с молоком у коров было также незначительным. При скармливании силоса из козлятника восточного ретенция фосфора у животных была максимальной – 19,68г, тогда как из клевера лугового – 9,14г.

Результаты корреляционного анализа представлены в виде корреляционных матриц, а регрессионного – в виде таблиц, в которых показаны сила влияния фактора корма на содержание конкретного элемента в определенном продукте или

**Таблица 2**

**Коэффициенты корреляции содержания фосфора в различных продуктах и экскрементах коров в условиях зимнего рациона кормления**

	Корм	Кал	Моча	Молоко	Баланс
Корм	1,0				
Кал	0,60	1,0			
Моча	-0,19	0,61	1,0		
Молоко	-0,47	0,01	0,34	1,0	
Баланс	0,83	0,11	-0,57	-0,79	1,0

**Таблица 3**

**Параметры регрессионных моделей зависимости концентрации фосфора в продуктах и экскрементах животных от его концентрации в корме зимнего рациона**

Продукты и среды	Вес фактора, (%)	Концентрация в корме при:		Вид связи
		MAX	MIN	
Кал	35,6			Прямо пропорционально
Моча	5,1		104	Парабола
Молоко	21,7			Обратно пропорционально
Баланс	68,9			Прямо пропорционально

**Таблица 4**

**Коэффициент корреляции содержания фосфора в различных продуктах и экскрементах коров в условиях летнего рациона кормления**

Корм	1,0				
Кал	0,43	1,0			
Моча	0,03	0,77	1,0		
Молоко	-0,15	-0,08	-0,004	1,0	
Баланс	0,58	-0,40	-0,64	-0,45	1,0
	Корм	Кал	Моча	Молоко	Баланс

**Таблица 5**

**Параметры регрессионных моделей зависимости концентрации фосфора в продуктах и экскрементах коров от его концентрации в корме летнего рациона кормления**

Продукт и среда	Вес фактора, %	Концентрация в корме при:		Вид связи
		MAX	MIN	
Кал	28,5	87		парабола
Моча	3,6	83		парабола
Молоко	3,8			-
Баланс	36,9			прямо пропорционально

среде (в %), а также критическая или оптимальная концентрации элемента в рационе.

При зимнем рационе кормления подопытных животных наблюдается значительный транзит фосфора с калом и интенсивное его поглощение мышцами и тканями животных. Фосфор из мышц и тканей, в основном, поступает в молоко и мочу. Наблюдается заметная синхронность работы кишечника и почек. Коэффициент нестабильности вскармливания дойных коров достаточно высок, что является следствием преимущественного поступления фосфора из крови в мышцы. Коэффициент гематологического разделения фосфора в зимнее время несколько снижен вследствие малой концентрации его в крови (табл. 2).

Большинство зависимостей, представленных в таблице, имеет линейный характер, что говорит об интенсивности потоков этого элемента в организме животного в зимнее время. Накопление фосфора в мышцах настолько интенсивно, что происходит даже обеднение этим элементом молока.

При переходе на летний период кормления существенных изменений в метаболизме фосфора не происходит (табл.3).

Наблюдается некоторое уменьшение интенсивности транзита и коэффициента накопления, что можно объяснить снижением концентрации фосфора в корме (рис.1, 2).

Несмотря на то, что с мочой выходит очень малое количество фосфора, находящегося в корме, синхронность работы органов выделения возрастает за счет улучшения переваримости фосфорсодержащих веществ (табл. 4). Коэффициент нестабильности вскармливания снижается за счет активации механизма гематологического разделения фосфора (КГР = -0,004)

Данные таблицы 5, в основном, подтверждают вышесказанное. Зависимости концентраций фосфора в кале и моче от содержания его в корме описываются параболами, вершины которых соответствуют диапазону концентраций фосфора в корме от 83 до 87 г. Это объясняет наблюдаемую синхронность работы почек и кишечника. Усиление коэффициента гематологического разделения приводит к тому, что концентрация фосфора в моче практически не зависит от таковой в корме.

**Выводы**

- Коэффициент переваривания фосфорорганических соединений силосов и всасывания фосфора в кровь оказался значительно ниже – 29,79 % и 37,65 %, чем при скармливании зеленых натуральных кормов – 25,97 % и 32,01 %.

- При скармливании силоса из козлятника восточного ретенция фосфора у подопытных животных была максимальной – 19,68 г, тогда как у клевера лугового – 9,14 г.

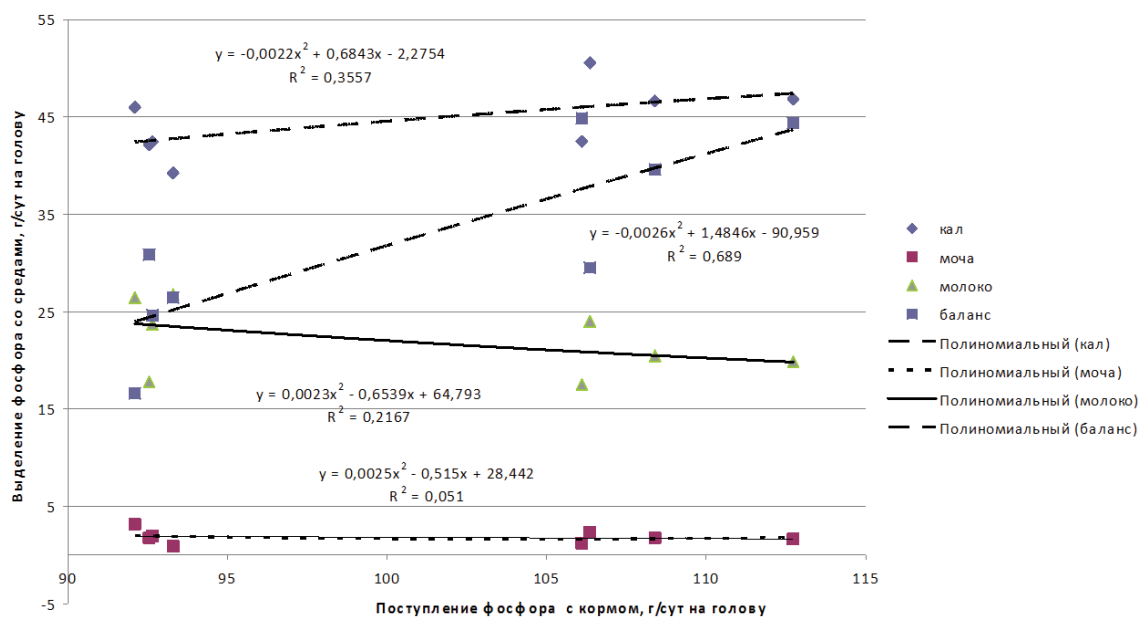


Рис. 1 – Характеристика обмена фосфора при использовании кормов зимнего рациона

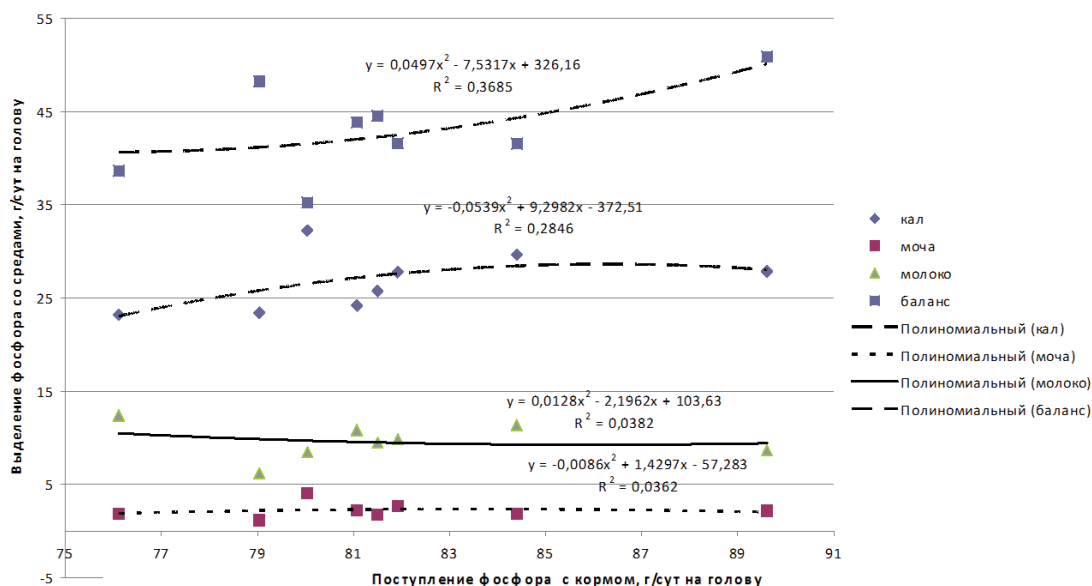


Рис. 2 – Характеристика обмена фосфора при использовании кормов летнего рациона

- Выводы, сделанные при анализе корреляционной матрицы, в основном подтверждают и уточняют зависимости концентраций фосфора в кале и моче от содержания его в корме и описываются параболой, вершины которых соответствуют диапазону концентраций фосфора в корме от 83 до 87 г. Это объясняет наблюдаемую синхронность работы почек и кишечника.

- Усиление коэффициента гематологического разделения (КГР) приводит к тому, что концентрация фосфора в молоке практически не зависит от таковой в корме. Фосфор из мышц и тканей в основном поступает в молоко и мочу.

#### Библиографический список

1. Физиологические потребности в питатель-

ных веществах и нормирование питания молочных коров: справочное руководство / В.И. Агафонов [и др.]. - Боровск, 2000. - 136с.

2. Бирих, И.К. Взаимосвязь некоторых показателей межзудочного обмена с молочной продуктивностью с составом кормовых рационов: сборник научных трудов / И.К. Бирих. - Пермь: Пермский с.-х. институт, 1958. - Том XV1. - С.243-274.

3. Григорьев, Н.Г. Биологическая полноценность кормов / Н.Г. Григорьев, Н.Г. Волков, Е.С. Воробьев. - М.: Агропромиздат, 1989. - 287с.

4. Минерально-витаминное питание коров / Л.И.Зинченко, И.Е. Погорелова [и др.]. - Л.: Колос, 2000. - 284с.

5. Кальницкий, Б.Д. Обмен минеральных веществ у высокопродуктивных коров при разном

уровне фосфорно-кальциевого и протеинового питания: сборник научных трудов / Б.Д. Кальницкий, О.В. Харитонов, С.Г. Кузнецов. – Боровск: ВНИИФ-БиП с.-х. животных, 1980. - С.20-32.

6. Ретенция зольных элементов у коров при скармливании силоса из козлятника восточного и клевера лугового и их смесей / А.Д. Капсамун, В.П. Дегтярев, Е.Н. Павлючик, Н.Н. Иванова и [др.] // Кормопроизводство. - 2016. - № 2. - С.41-45.

7. Капсамун, А.Д. Особенности взаимосвязей химических элементов в организме дойных коров / А.Д. Капсамун, Д.А. Иванов, Н.Г. Ковалев // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. - 2016. - № 6. - С. 56-58.

8. Кальницкий, Б.Д. Особенности минерального питания высокопродуктивных коров / Б.Д. Кальницкий, О.В. Харитонов, В.И. Калашник // Новое в кормлении высокопродуктивных коров. – М.: Агропромиздат, 1989. - С.51-59.

9. К вопросу оценки питательности рационов и нормирования кормления жвачных живот-

ных / Б.Д. Кальницкий [и др.] // Вестник РАСХН. – 2000. - №1. - С.12-15.

10. Крылов, В.М. Полноценное кормление коров / В.М. Крылов, А.И. Зинченко, А.И.Толстов. - Л.: Агропромиздат, 2003. - 159с.

11. Лукашик, Н.А. Зоотехнический анализ кормов / Н.А. Лукашик, В.А. Тащилин. - М.: Колос, 1965. - 222с.

12. Мороз, З.М. Сбалансированное кормление молочных коров / З.М. Мороз. - Л.: Лениздат, 2007. - 102с.

13. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. - М.: Изд-во МГУ, 1970. - 342с.

14. Hellberg, A. Joikornas mineralants for sörjning / A. Hellberg, J. Foder. - 1970. – Том 9, № 3-4. – P. 47-54.

15. Henning, A. Der Mineralstoffwechsel. “Vergleichende Ernährungelenre des Menschen und seintr Haustiere” / A. Henning, M. Anke. – Lena: VEB Custav Fischer Verlag, 1966. – 236 p.

#### ELEMENTS OF PHOSPHORUS METHOBOLISM OF DAIRY COWS WHEN GIVING TO THEM WINTER AND SUMMER RATIONS

**Kapsamun A. D.1, Degtyarev V. P.2, Pavlyuchik E. N.1, Ivanova N. N.1**

**1 FSBSI All-Russian Research Institute of meliorated Lands, 170530, Tver Region, Kalininsky District, Emmauss, 27, tel. +7 (4822) 37-85-86; e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru**

**2 FSBSI Moscow Research Institute of Agriculture "Nemchinovka", 143026, Moscow Region, Odintsovsky District, Novoivanovskoye v., Agrokhimikov st., 6, tel. +7 (495) 591-83-91; e-mail: niicrnz@mail.ru**

*Key words: feeding, exchange, metabolism, phosphorus, statistical analysis.*

The article is devoted to a current problem of studying the characteristics of phosphorus metabolism in the body of dairy cows in the conditions of summer and winter feeding rations. The experimental and analytical part of the research was carried out at FSBSI All-Russian Research Institute of meliorated Lands, at an experimental test site located in the south-eastern part of Tver region. Zootechnical part of the study was conducted on Black-Spotted cows with a productivity of 4600..5000kg of milk. The experiment was conducted on summer and winter rations in a special place. The methodical principle of “unity of intergroup differences” and the presence of control animals was provided in the experiments, which allowed to obtain objective comparative experimental data and reliable conclusions based on mathematical processing using statistical computer programs. Study of the physiological experience results was carried out by method of correlation and regression analysis. The correlation analysis method was used to determine the interdependence of the phosphorus content in feed, feces, urine, milk and in the body (balance) of animals from its content in the ration. It allowed to establish a general relationship in phosphorus metabolism which occur in the body of the animal in the summer and winter feeding rations. It was established that phosphorus feed is mainly removed from the body of the cow with feces, as for muscles and tissues, it mainly gets into milk and urine. The digestion coefficient of organophosphorus compounds of silage and the absorption of phosphorus into the blood was significantly lower - 29.79 and 37.65%, than when feeding with green natural food. The phosphorus retention of experimental animals was maximum - 19.68 g during the winter period of feeding with Eastern galega silage, whereas from meadow clover - 9.14g. Conclusions made in the analysis of correlation matrices mainly confirm and clarify the dependences of phosphorus concentrations in feces and urine on its content in the feed, and are described by parabolas, the tops of which correspond to the range of phosphorus concentrations in the feed from 83 to 87 g.

#### Bibliography

1. Physiological nutritional needs and nutrition planning of dairy cows: a reference guide / V.I. Agafonov [et al.]. -Borovsk, 2000. – 136p.
2. Birikh, I.K. The relationship of some parametres of intermediary metabolism with milk productivity with composition of feed rations: a collection of scientific papers / I.K. Birikh. - Perm: Perm Agricultural Institute, 1958. - Volume XV1. - P.243-274.
3. Grigoriev, N.G. Biological value of feed / N.G. Grigoriev, N.G. Volkov, E.S. Vorbyev - M.: Agropromizdat, 1989. – 287p.
4. Mineral and vitamin nutrition of cows / L.I. Zinchenko, I.E. Pogorelova [and others]. - L.: Kolos, 2000. – 284p.
5. Kalnitsky, B.D. The exchange of minerals of highly productive cows with different levels of calcium-phosphorus and protein nutrition: a collection of scientific papers / B.D. Kalnitsky, O.V. Kharitonov, S.G. Kuznetsov. - Borovsk: All-Russian Research Institute of Physiology, Biochemistry and Animal Nutrition, 1980. - P.20-32.
6. Retention of ash elements of cows when feeding them with silage from Eastern galega and meadow clover and their mixtures / A.D. Kapsamun, V.P. Degtyarev, E.N. Pavlyuchik, N.N. Ivanova and [et al.] // Feed production. - 2016. - № 2. - P.41-45.
7. Kapsamun, A.D. Peculiarities of the relationship of chemical elements in the body of dairy cows / A.D. Kapsamun, D.A. Ivanov, N.G. Kovalev // Vestnik of the Russian agricultural science. - 2016. - № 6. - P. 56-58.
8. Kalnitsky, B.D. Features of the mineral nutrition of highly productive cows / B.D. Kalnitsky, O.V. Kharitonova, V.I. Kalashnik // New in feeding highly productive cows. - M.: Agropromizdat, 1989. - P.51-59.
9. To the issue of assessing the nutritional value of rations and noms of feeding for ruminants / B.D. Kalnitsky [et al.] // Vestnik of the RAAS. - 2000. - №1. - P.12-15.
10. Krylov, V.M. Appropriate feeding of cows / V.M. Krylov, A.I. Zinchenko, A.I. Tolstov. - L.: Agropromizdat, 2003. – 159p.
11. Lukashik, N.A. Zootechnical analysis of feed / N.A. Lukashik, V.A. Tashchilin. - M.: Kolos, 1965. – 222p.
12. Moroz, Z.M. Balanced feeding of dairy cows / Z.M. Moroz. - L.: Lenizdat, 2007. – 102p.
13. Plokhinsky, N.A. Biometrics / N.A. Plokhinsky. - M.: Publishing House of Moscow State University, 1970. – 342p.
14. Hellberg, A. Joikornas mineralantsforsörjning / A. Hellberg, J. Foder. - 1970. – Том 9, № 3-4. – P. 47-54.
15. Henning, A. Der Mineralstoffwechsel. “Vergleichende Ernährungelenre des Menschen und seintr Haustiere” / A. Henning, M. Anke. – Lena: VEB Custav Fischer Verlag, 1966. – 236 p.