

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

**МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН У ПТИЦЫ  
В ПЕРИОД ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ**

**MINERAL METABOLISM OF BIRDS IN THE PERIOD  
OF SEXUAL MATURITY**

**Д.В. Нестеров, А.А. Бирюков, О.Ю. Сипайлова**  
**D.V. Nesterov, A.A. Biryukov, O.Yu. Sipaylova**

Институт биоэлементологии ГОУ ВПО «Оренбургский государственный университет»  
Institute of Bioelementology, Orenburg State University, Orenburg, Russia

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** макроэлементы, птица, репродуктивный период, органы воспроизводства, перья, большеберцовая кость

**KEY WORDS:** macro elements, bird, fertile period, organs of reproduction, tibia, feather

**РЕЗЮМЕ:** В представленной работе методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргонной плазмой (ИСП-АЭС и ИСП-МС) была изучена возрастная динамика изменения макроэлементов в большеберцовой кости, перьях и органах воспроизводства птицы при вступлении ее в продуктивный период. Исследования были проведены на модели кур породы «хайсекс-браун» ( $n = 100$ ). Выявлены некоторые взаимосвязи в соотношениях макроэлементов в исследуемых субстратах. Приведены предположения для использования перьев как субстрата для определения макроэлементного статуса птицы.

**ABSTRACT:** Age related dynamics of macro elements in tibia, feathers and reproductive organs of birds during their entry into productive period was studied by the methods of atomic emission and mass spectrometry with inductively coupled argon plasma (ICP-AES and ICP-MS). The study was conducted on a model of Hisex-Brown hens ( $n = 100$ ). There were identified some interconnections in the ratio of macro elements in the investigated substrates, showing prerequisites for the use of feathers as a substrate for estimation of birds' mineral status.

**ВВЕДЕНИЕ**

Постоянство внутреннего гомеостаза живого организма является неотъемлемой составляющей полноценного его развития и правильности функционирования всех внутренних органов и систем. Немаловажная роль в этом постоянстве принадлежит минеральным веществам (Скальный, Рудаков, 2004; Скальная, Нотова, 2004; Оберлис и др., 2008).

Роль скелета в минеральном обмене птицы исключительна, он выполняет не только функцию гомеостаза, но и непосредственно участвует в формировании яйца, иногда в ущерб себе (Фисинин и др., 2008).

Для определения элементного статуса в организме птицы в большинстве случаев в качестве субстрата используется большеберцовая кость (Фисинин и др., 2008), реже кровь. В медицинской диагностике для определения элементного статуса человека в последнее время все больший интерес представляет исследование волос. Имеющиеся данные показывают, что содержание химических элементов в волосах отражает элементный статус всего организма в целом и является интегральным показателем минерального обмена (Скальный, 2007). При этом аналогом волос человека для птицы могут выступать перья. В литературных источниках нами не обнаружено информации об использовании пера птицы как индикатора их элементного статуса. Совокупность данных обстоятельств послужила отправной точкой для проведения исследований, целью которых являлось определение взаимосвязей между концентрациями макроэлементов в костной ткани, органах воспроизводства и перьях, установление взаимосвязей между костной тканью и пером.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Исследования были проведены на молодняке кур «хайсекс-браун» ( $n = 100$ ). Кормление и содержание подопытной птицы осуществлялось согласно рекомендациям ВНИТИП (Имангулов и др., 2004). В возрасте 10, 12, 14, 16, 18 недель под эфирным рауш-наркозом проводились убои птицы по десять голов каждого возраста. После окончания убоя отбирали большеберцовые кости, перья и органы воспроизводства. Каждый образец гомогенизировали, брали навеску в 1 г и минерализовали в высокопрочных тefлоновых сосудах методом

микроволнового разложения с азотной кислотой при температуре 150 °С (Оберлис и др., 2008).

Определение концентрации химических элементов в биосубстратах проводилось методами атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП и МС-ИСП) в испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва; аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.311, регистрационный номер в государственном реестре — Росс.RU0001.513118 от 29 мая 2003 г.; Registration Certificate of ISO 9001:2000, Number 4017-5.04.06) (Иванов и др., 2003).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В проведенных ранее исследованиях (Шевченко и др., 2008) нами было установлено, что наиболее интенсивный рост органов воспроизводства у молодняка кур-несушек происходит в возрасте 14–16 недель. Исходя из этого изучение изменений в концентрациях макроэлементов в исследуемых субстратах было условно разделено на периоды до и после 14-недельного возраста.

В результате обработки данных были выявлены некоторые взаимосвязи в изменениях концентраций макроэлементов в исследуемых субстратах (табл. 1). Рассматривая изменения концентрации кальция, мы установили, что в перьях птицы с 10-й по 14-ю неделю жизни происходит повышение содержания данного элемента с 997 до 2610 мг/кг. Изменение концентрации кальция в большеберцовой кости и в органах воспроизводства протекало с подобной тенденцией с 10-й по 12-ю неделю, уменьшаясь к 14-й неделе. Начиная с 14-й недели концентрация кальция в перьях снижалась с 2610 мг/кг до 922 мг/кг в 18-недельном возрасте. На фоне этого в аналогичный промежуток времени массовая доля кальция в большеберцовой кости и органах воспроизводства возрастала. Объяс-

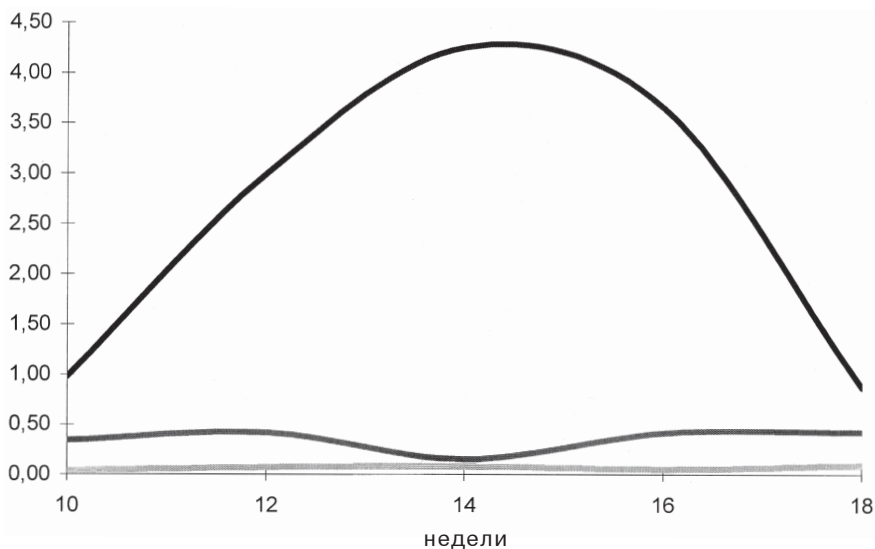
нением данной метаморфозы может выступать то, что период активного развития воспроизводительной системы птицы сопровождается перераспределением макроэлементов в организме птицы.

Картина изменения содержания фосфора в биосубстратах была следующей: в большеберцовой кости с 10-й по 14-ю неделю наблюдалось увеличение данного показателя, а с 14-й недели по 18-ю — снижение; в перьях концентрация фосфора, наоборот, с 10-й по 16-ю неделю снижалась с 789 мг/кг до 364 мг/кг при увеличении к 18-й неделе до 817 мг/кг; уровень фосфора в органах воспроизводства с 10 по 14 неделю снижался с 3261 до 2628 мг/кг, в 16 недель достигал своего максимума — 3596 мг/кг, а в 18 недель резко уменьшался до минимума (2266 мг/кг).

При рассмотрении соотношений Са/Р в исследуемых субстратах прослеживалась некоторая взаимосвязь (рис. 1). Так, значение соотношения Са/Р в перьях в период с 14-й по 18-ю неделю снижалось с 4,25 до 0,87; в большеберцовой кости в этот период, напротив, наблюдалось повышение данного соотношения с 0,16 до 0,43. В соотношении Са/Р в перьях и органах воспроизводства взаимосвязи установлено не было. В большеберцовой кости и органах воспроизводства изменения соотношений Са/Р тоже имели ряд совпадений. Так, в период с 10-й по 12-ю неделю происходило повышение, а с 12-й по 14-ю — снижение данного параметра.

Что касается магния, то его содержание в перьях и большеберцовой кости с 10-й по 14-ю неделю возрастало, а в период с 14-й по 16-ю неделю уменьшалось. В органах воспроизводства уровень магния с 10-й по 14-ю неделю снижался с 200 мг/кг до 169 мг/кг. С 14- к 16-недельному возрасту концентрация магния увеличивалась с 169 мг/кг до 229 мг/кг, при снижении к 18 неделям — до 153 мг/кг.

Концентрация калия в перьях, аналогично магнию, в период с 10-й по 14-ю неделю возрастала, а с



**Рис. 1.** Возрастная динамика соотношений Са/Р в исследуемых субстратах (верхняя линия — перо, средняя — берцовая кость, нижняя — органы воспроизводства)

Таблица 1. Возрастная динамика макроэлементов в различных биологических субстратах птицы, мг/кг ( $M \pm m$ )

Элемент	Субстрат	Возраст, неделя					
		10	12	14	16	18	
Са	перо	997,0 ± 23,0	2096,0 ± 88,0 <sup>a</sup>	2610,0 ± 209,0	1719,0 ± 72,0 <sup>c</sup>	922,0 ± 91,0 <sup>d</sup>	
	большеберцовая кость	15 223 ± 1519	22 710 ± 2400	12 422 ± 1195	26 331 ± 2290 <sup>c</sup>	26 272 ± 4059	
	органы воспроизводства	145,7 ± 15,6	276,3 ± 44,8	202,6 ± 23,1	237,3 ± 32,1	272,6 ± 26,8	
К	перо	803,0 ± 19,0	883,0 ± 37,0 <sup>a</sup>	912,0 ± 73,0	444,0 ± 19,0 <sup>c</sup>	1013,0 ± 100,0 <sup>d</sup>	
	большеберцовая кость	3189,0 ± 318,0	3013,0 ± 318,0	3567,0 ± 343,0	3224,0 ± 280,0	3492,0 ± 540,0	
	органы воспроизводства	3339 ± 358	2604 ± 422	750 ± 85 <sup>b</sup>	3474 ± 470	3889 ± 382	
Mg	перо	152,0 ± 4,0	341,0 ± 14,0 <sup>a</sup>	356,0 ± 29,0	307,0 ± 13,0	142,0 ± 14,0 <sup>d</sup>	
	большеберцовая кость	1659,0 ± 166,0	1931,0 ± 204,0	2898,0 ± 279,0 <sup>b</sup>	1984,0 ± 173,0 <sup>c</sup>	1812,0 ± 280,0	
	органы воспроизводства	200,0 ± 21,0	184,0 ± 30,0	169,0 ± 19,0	229,0 ± 31,0	153,0 ± 15,0	
Na	перо	1240,0 ± 29,0	1391,0 ± 58,0	1196,0 ± 96,0	998,0 ± 42,0	1893,0 ± 187,0 <sup>d</sup>	
	большеберцовая кость	3688 ± 368	3403 ± 360	4627 ± 445	3223 ± 280	3475 ± 537	
	органы воспроизводства	1531 ± 164	1466 ± 238	497 ± 57 <sup>b</sup>	2054 ± 278 <sup>c</sup>	1776 ± 175	
P	перо	789,0 ± 19,0	540,0 ± 23,0 <sup>a</sup>	474,0 ± 38,0	364,0 ± 15,0	817,0 ± 81,0 <sup>d</sup>	
	большеберцовая кость	34 464 ± 3440	42 050 ± 4443	61 546 ± 5922	48 877 ± 4250	47 608 ± 7356	
	органы воспроизводства	3261 ± 349	3055 ± 495	2628 ± 300	3596 ± 486	2266 ± 223	

Примечание: <sup>a</sup>  $p < 0,05$  при сравнении результатов в возрасте 10 и 12 недель; <sup>b</sup>  $p < 0,05$  при сравнении результатов в возрасте 12 и 14 недель; <sup>c</sup>  $p < 0,05$  при сравнении результатов в возрасте 14 и 16 недель; <sup>d</sup>  $p < 0,05$  при сравнении результатов в возрасте 16 и 18 недель.

14-й по 16-ю — снижалась с увеличением к 18-недельному возрасту. Содержание калия в берцовой кости в период с 10-й по 18-ю неделю не имело существенных колебаний, в отличие от уровня калия в органах воспроизводства, в которых с 10-й по 14-ю неделю наблюдалось снижение показателя с 3339 мг/кг до 750 мг/кг, а с 14-й по 18-ю неделю — увеличение с 750 мг/кг до 3889 мг/кг.

По результатам проведенных исследований было установлено, что максимальные значения концентрации натрия в перьях, большеберцовой кости и органах воспроизводства были соответственно в 18-, 14- и 16-недельном возрасте. При этом минимальные значения содержания натрия в перьях и большеберцовой кости были в 16 недель, а в органах воспроизводства — в 14 недель.

Соотношения К/Na в исследуемых субстратах в возрастной динамике представлены на рис. 2. Как следует из полученных результатов, изменения в соотношении данных элементов в перьях и большеберцовой кости носили практически противоположный характер. Так, при росте соотношения К/Na в период 12—14 недель в перьях с 0,37 до 0,45,

2. Возможно использование данных по элементному составу перьев для оценки элементного статуса птицы.

## ЛИТЕРАТУРА

Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Тутельян В.А., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В.В. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: ФЦГСЭН МЗ РФ, 2003. 56 с.

Имангулов Ш.А., Егоров И.А., Околелова Т.М. и др. Методика проведения научных и производственных исследований по кормлению сельскохозяйственной птицы: рекомендации. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2004. 43 с.

Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.

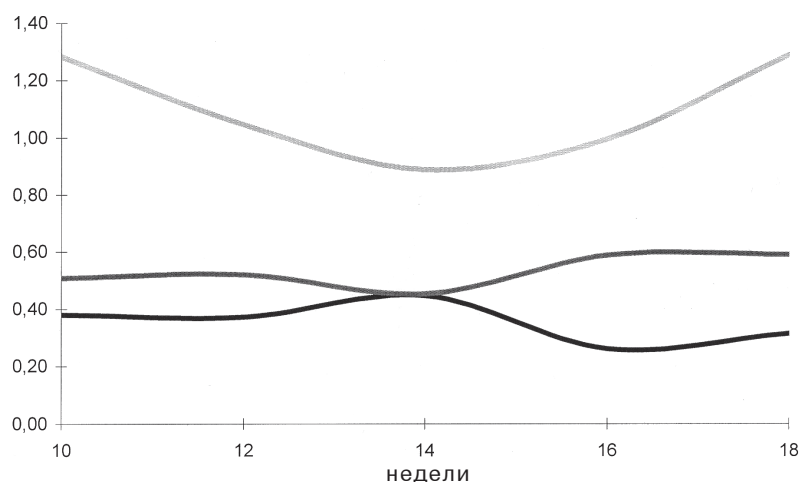


Рис. 2. Возрастная динамика соотношений К/Na в исследуемых субстратах (верхняя линия — органы воспроизводства, средняя — берцовая кость, нижняя — перо)

в большеберцовой кости наблюдалось снижение с 0,52 до 0,45. И наоборот, при снижении соотношения К/Na в период 14—18 недель в перьях с 0,45 до 0,26, в большеберцовой кости происходило увеличение данного показателя с 0,45 до 0,59. В органах воспроизводства наблюдалось снижение соотношения К/Na в период с 10-й по 14-ю неделю с 1,28 до 0,89 с последующим ростом до 1,29 к 18-й неделе. Таким образом, тенденция в изменениях соотношений К/Na в органах воспроизводства и перьях с 10-й по 14-ю и с 14-й по 18-ю недели была противоположной.

## ВЫВОДЫ

1. В период активного развития репродуктивной системы птицы с большой долей вероятности можно предположить, что перо становится донором макроэлементов, которые расходуются на рост органов воспроизводства и формирование яйца.

Скальная М.Г., Нотова С.В. Макро- и микроэлементы в питании современного человека: эколого-физиологические и социальные аспекты М.: РОСМЭМ, 2004. 310 с.

Скальный А.В. Диагностика и коррекция нарушения минерального обмена организма человека. Медицинская технология. М., 2007. 29 с.

Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине М.: Издательский дом «Оникс 21 век»: Мир, 2004. 272 с.

Фисинин В.И., Егоров И.А., Околелова Т.М., Имангулов Ш.А. Научные основы кормления сельскохозяйственной птицы. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2008. 351 с.

Шевченко Б.Л., Лебедев С.В., Бирюков А.А., Сипайлов О.Ю. Морфометрические особенности органов репродуктивной системы кур-несушек при влиянии химических элементов с различной биологической ролью // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2008. Т. 4. № 20-1. С. 76—78.