



Оригинальная статья / Original article

УДК 636.32/.38:619:616.152.15

DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53

## МОРФО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОРГАНИЗМА ОВЕЦ И ИХ КОРРЕКЦИЯ В УСЛОВИЯХ ЙОДОДЕФИЦИТА

<sup>1</sup>Марина И. Селионова, <sup>2</sup>Антонина К. Михайленко\*, <sup>1</sup>Людмила Н. Чижова,

<sup>3</sup>Чолпан Б. Чотчаева, <sup>1</sup>Евгения С. Суржикова

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт овцеводства и козоводства – филиал  
ФГБНУ «Северо-Кавказский Федеральный научный аграрный центр», Михайловск, Россия

<sup>2</sup>Ставропольский государственный медицинский университет, Ставрополь,  
Россия, [ta-k-bio@mail.ru](mailto:ta-k-bio@mail.ru)

<sup>3</sup>Карачаево-Черкесский государственный университет, Карачаевск, Россия

**Резюме. Цель.** Широко распространённый дефицит йода и связанные с ним эндемические заболевания в горной местности Северного Кавказа соотносят к йодной эпидемии. Патологические состояния животных, возникающие на фоне йодной недостаточности, наносят экономический ущерб животноводческой отрасли, в том числе и овцеводству. В связи с этим целью данной работы явилось раскрытие морфо-биохимических изменений, гормонального (тиреоидного) фона, иммунной реактивности у овец карачаевской породы в онтогенезе, выращиваемых в разных экологических зонах, с неодинаковой обеспеченностью йодом, а также рассмотрение влияния экзогенно введенного гормона (тироксина) на иммунный статус молодняка в условиях йододефицита, для определения перспективных путей разработки эффективного метода профилактики и лечения. **Методы.** Биоматериалом служила кровь ягнят в возрасте 1-го, 2-х, 3-х, 4-х, 8-ми месяцев, содержащихся в условиях неодинаковой обеспеченностью йодом. Об уровне концентрации тиреоидных гормонов (Т<sub>3</sub>, Т<sub>4</sub>) в сыворотке крови судили по результатам иммуноферментного анализа, морфо-биохимического статуса, иммунной реактивности – методами гематологического, биохимического анализа, коррекция йододефицита – внутримышечными инъекциями тироксина в дозе 1 мг/кг, с интервалом в 2-3 месяца. **Результаты.** Установлены онтогенетические особенности формирования морфо-биохимических систем, гормонального фона, иммунного статуса у овец, содержащихся в разных природно-климатических зонах, с различной йодной обеспеченностью. **Заключение.** Выявлены нарушения гемопоэтической функции, различия в гематологических параметрах, гипопроотеинемия, изменения гормонального фона, низкий уровень иммунокомпетентных Т-, В-клеток в крови овец из разных зон. Установлено, что метаболический ответ на экзогенный тироксин проявился в нормализации обменных процессов, активации клеточного иммунитета.

**Ключевые слова:** йододефицит, тиреоидные гормоны, метаболизм, иммунная реактивность, овцы.

**Формат цитирования:** Селионова М.И., Михайленко А.К., Чижова Л.Н., Чотчаева Ч.Б., Суржикова Е.С. Морфо-биохимические функции организма овец и их коррекция в условиях йододефицита // Юг России: экология, развитие. 2019. Т.14, N1. С.42-53. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53



## MORPHOBIOCHEMICAL FUNCTIONS OF THE SHEEP ORGANISM AND THEIR ADJUSTMENT IN THE CONDITIONS OF IODINE DEFICIENCY

<sup>1</sup>Marina I. Selionova, <sup>2</sup>Antonina K. Mikhailenko\*, <sup>1</sup>Lyudmila N. Chizhova,  
<sup>3</sup>Cholpan B. Chotchaeva, <sup>1</sup>Evgenia S. Surzhikova

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the  
North Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Mikhailovsk, Russia

<sup>2</sup>Stavropol State Medical University, Stavropol, Russia, mak-bio@mail.ru

<sup>3</sup>Karachay-Cherkessia State University, Karachaevo, Russia

**Abstract. Aim.** Widespread iodine deficiency causing endemic diseases in the highlands of the North Caucasus relate to the iodine epidemic. This type of pathology causes economic damage to the livestock industry, including sheep. In this regard, the aim of this work was to study morphobiochemical changes, hormonal (thyroid) background, immune reactivity in Karachai sheep during ontogenesis in different ecological zones with different iodine availability levels as well as to consider the effect of exogenous hormone (thyroxine) on the immune status of young stock under conditions of iodine deficiency and determine promising ways of developing an effective method of prevention and treatment against the pathology. **Methods.** We conducted an analysis of the blood of lambs aged 1, 2, 3, 4 and 8 months kept in conditions of unequal iodine provision. The serum concentration of thyroid hormones (T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>) was evaluated by the results of an enzyme immunoassay, morphobiochemical status and immune reactivity by hematological, biochemical analysis, correction of iodine deficiency by intramuscular injections of thyroxine at a dose of 1 mg/kg with an interval of 2-3 months. **Results.** The ontogenetic features of the formation of morphobiochemical systems, hormonal background, immune status in sheep kept in different climatic zones with different iodine provision were established. **Conclusion.** Disorders of hematopoietic function, differences in hematological parameters, hypoproteinemia, changes in hormonal levels, low levels of immunocompetent T and B cells in the blood of sheep from different zones were detected. It was established that the metabolic response to exogenous thyroxine contributed to the normalization of metabolic processes and activation of cellular immunity.

**Keywords:** iodine deficiency, thyroid hormones, metabolism, immune reactivity, sheep.

**For citation:** Selionova M.I., Mikhailenko A.K., Chizhova L.N., Chotchaeva Ch.B., Surzhikova E.S. Morphobiochemical functions of the sheep organism and their adjustment in the conditions of iodine deficiency. *South of Russia: ecology, development*. 2019, vol. 14, no. 1, pp. 42-53. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-42-53

### ВВЕДЕНИЕ

Проблема баланса йода в системе «окружающая среда – организм – последствия йододефицита» является одной из острых проблем современного животноводства. Мониторинг научной литературы свидетельствует о том, что йододефицитное состояние, в большей или меньшей степени, характерно почти для всей Российской Федерации. По мнению исследователей, в горных, предгорных регионах нашей страны, в том числе и на Северном Кавказе, сложившаяся ситуация в настоящее время соотносится к йодной эпидемии [1; 2]. Поскольку йододефицитные условия содержания сельскохозяйственных животных не только отрицательно сказываются на здоровье животных, но и на качестве получаемой животноводческой продукции, то эта проблема имеет как народно-



хозяйственное, так и социальное значение. Изучение особенностей индивидуального развития овец карачаевской породы, выращиваемых в разных природно-климатических зонах КЧР (низина, горы) с неодинаковой обеспеченностью йодом позволит выявить те особенности морфо-биохимических функций в их организме, те механизмы адаптации к специфическим условиям, которые обеспечивают способность к выживанию. Тиреоидным гормоном, вырабатываемым щитовидной железой, принадлежит важная роль в процессе адаптации [3; 4]. Функциональная активность щитовидной железы полностью зависит от количества поступающего йода. Йод, соединения которого являются сложной системой химических, биологических регуляций межклеточного обмена, постоянно содержится в организме. Механизм образования тиреоидных гормонов заключается в том, что поступивший в организм йод с кормом или водой, всасывается в желудочно-кишечном тракте и в виде иодидов попадает в кровь. В щитовидной железе молекулярный (элементарный) йод включается в аминокислоту тирозин. При присоединении одного атома йода к этой аминокислоте образуется монойодтирозин, двух – дийодтирозин, не обладающие свойствами гормона. После слияния двух молекул дийодтирозина образуется тироксин ( $T_4$ ), а при конденсации ди- и монойодтирозина – трийодтиронин ( $T_3$ ) [5]. При этом тироксин ( $T_4$ ) содержит около 70% йода, потому как в организме его синтезируется значительно больше (в 10-20 раз), чем трийодтиронина ( $T_3$ ). Тиреоидные гормоны активно включаются в обменные процессы: связываясь с белками плазмы крови, образует метаболически активные, состоящие на 90,0-95,0% из тироксина, белковосвязывающие комплексы. В митохондриях клеток активизируются окислительно-восстановительные процессы путем увеличения потребления кислорода и выделения углекислоты, что способствует образованию энергетического материала (углеводов, липидов) и аминокислот, активно включающихся в общий обмен веществ [6-8]. В условиях йодной недостаточности разведение овец сопровождается задержкой роста и развития, приводит к снижению мясной и шерстной продуктивности. У овцематок при йододефиците появляются аборт, ягнята рождаются слабыми и зачастую нежизнеспособными. Разработанные в настоящее время различные способы восполнения йододефицита, главным образом, используются в виде подкормок (стабилизированные йодированные соли калия и натрия) в сухой форме или в виде растворов. Известно, что элементарный йод и его соединения неустойчивы. Они быстро превращаются в организме животного в неусвояемые формы и контролировать количество йода, поступающего в организм животного затрудняется. Наиболее эффективным способом, на наш взгляд, является коррекция йодной недостаточности путем внутримышечных инъекций гормона тироксина ( $T_4$ ).

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научно-исследовательская работа выполнялась на овцах карачаевской породы, разводимых в разных природно-климатических зонах: низина (I гр.), горная зона (2,0-2,5 тысячи метров над уровнем моря) с достаточным содержанием йода в кормах (II гр.), горная – с его дефицитом в 2,4-4,0 раза (III гр.). Экспериментальные группы формировались с учетом пола (ярочки), живой массы, возраста (1-го, 2-х, 3-х, 4-х, 8-ми месяцев). О концентрации тироксина –  $T_4$ , трийодтироксина –  $T_3$  в сыворотке крови опытных животных судили по результатам иммуноферментного анализа с использованием спектрофотометра «Униплан» фирмы «Ricon»; об уровне Т-, В-лимфоцитов – методом спонтанного розеткообразования по рекомендациям И.П. Кондрахина; о нормализации морфо-биохимических функций, гормонального фона, иммунной реактивности судили на фоне внутримышечной инъекции тироксина в щелочном растворе (1 мг/мл) в течение 15 дней с суточным интервалом. Полученный в результате эксперимента цифровой материал обрабатывался методами вариационной статистики по А.А. Плохинскому, Е.С. Меркурьевой с применением программ Start; разница между показателями считалась достоверной при  $P < 0,05$ .



## ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнительным анализом морфологического состава крови установлена общая для всех изучаемых групп животных закономерность, сводившаяся к тому, что для раннего периода онтогенеза (1 мес.) характерно низкое количество эритроцитов, меньший уровень в них гемоглобина с постепенным повышением в следующие возрастные периоды (табл. 1).

Таблица 1

Показатели морфологического состава крови овец в разных условиях содержания

Table 1

Indicators of the morphological composition of the blood of sheep under different farming conditions

Возраст, мес. Age, in months	Эритроциты, $10^{12}/л$ Erythrocytes, $10^{12}/l$			Лейкоциты, $10^9/л$ Leukocytes, $10^9/l$			Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	7,52 $\pm 0,23$	7,79 $\pm 0,34$	7,06 $\pm 0,29$	9,00 $\pm 0,55$	8,84 $\pm 0,81$	8,13 $\pm 0,42$	116,1 $\pm 2,09$	119,8 $\pm 1,78$	108,5 $\pm 1,24$
2	9,09 $\pm 0,42$	9,18 $\pm 0,51$	8,02 $\pm 0,23$	9,24 0,78	9,11 $\pm 0,59$	8,49 $\pm 0,47$	124,7 $\pm 2,07$	128,3 $\pm 1,24$	117,0 $\pm 1,68$
3	8,95 $\pm 0,78$	9,09 $\pm 0,60$	8,29 $\pm 0,14$	9,32 $\pm 0,70$	9,21 $\pm 0,49$	8,77 $\pm 0,79$	120,6 $\pm 2,12$	122,7 $\pm 1,39$	114,5 $\pm 2,02$
4	9,01 $\pm 0,57$	9,19 $\pm 0,69$	8,42 $\pm 0,21$	9,59 $\pm 0,82$	9,41 $\pm 0,58$	9,02 $\pm 0,72$	120,4 $\pm 2,29$	123,3 $\pm 1,87$	111,7 $\pm 1,81$

Так, у молодняка овец (I и II группа), не испытывающих дефицит йода, показатели красной крови (количество эритроцитов, уровень гемоглобина) во все наблюдаемые периоды онтогенеза были достоверно выше, чем у сверстников (III гр.), испытывающих его дефицит: в одномесечном возрасте – на 6,2 и 9,4; 6,6 и 9,4%, в 2-х – на 11,8 и 12,6; 8,8 и 6,2%, в 3-х – на 8,8 и 7,4; 5,4 и 6,7%, в 4-х – на 6,6 и 8,4; 7,2 и 9,4%, соответственно ( $P < 0,05$ ;  $P < 0,01$ ). Одна из важных функций крови – окислительно-восстановительная – перенос кислорода от легочных альвеол к тканям отводится эритроцитам и гемоглобину, а участие в формировании защитного потенциала, как известно, принимают лейкоциты. В крови овец независимо от зоны их разведения количество лейкоцитов с возрастом увеличивалось, достигнув максимальных величин к 4-х месячному возрасту. Это свидетельствует, в определенной мере, становлению иммунного статуса к этому возрастному периоду. Однако в периферической крови молодняка овец, не испытывающих йододефицит (I, II гр.), циркулировало достоверно большее количество лейкоцитов: в одномесечном возрасте – на 9,7 и 8,0%, в 2-х – на 8,3 и 6,8%, в 3-х – на 5,9 и 4,8%, в 4-х – на 5,9 и 4,1%, соответственно ( $P < 0,05$ ). Можно предположить, что незрелость гемопоэтической системы и произошедшая замена фетального гемоглобина на гемоглобин взрослого животного, обусловила меньшее количество форменных элементов и более низкий уровень гемоглобина в первый месяц жизни ягнят. Кроме того, выявленные различия гематологического профиля могут быть обусловлены климатическими, природными факторами – гипоксией и дефицитом йода, что, вероятно, сказывается на функциональной активности щитовидной железы. Исследованиями ряда авторов [9-11] доказано, что тиреоидные гормоны (тироксин –  $T_4$ , трийодтиронин –  $T_3$ ) оказывают влияние на эритропоэз, усиливая пролиферативные процессы в эритроидных колониях. Что, в свою очередь обеспечивает потребности организма в кислороде при гипоксии в условиях гор, то есть активация выработки эритропоэтина создает условия для образования большего количества эритроцитов с более высоким содержанием в них гемоглобина в крови овец, содержащихся в горных условиях.



Анализ полученных данных крови овец, содержащихся в разных экологических зонах, с неодинаковой йодной обеспеченностью профиля тиреоидных гормонов свидетельствует о неоднозначной вариабельности уровня тироксина –  $T_4$  и трийодтиронина –  $T_3$  у животных как с возрастом, так и с зоной их обитания. При этом в характере возрастных изменений установлена схожесть уровня тиреоидных гормонов в крови молодняка овец, не зависимо от зоны их содержания, сводившаяся к постепенному снижению уровня  $T_3$  и  $T_4$ . Так, у ягнят I группы в 3-х месячном возрасте:  $T_3$  составляет 2,81 и  $T_4$  – 94,79; II группы:  $T_3$  – 2,44 и  $T_4$  – 79,93; III группы:  $T_3$  – 2,06 и  $T_4$  – 62,84 нмоль/л (табл. 2).

**Таблица 2**  
**Возрастная динамика уровня тиреоидных гормонов в крови овец, нмоль/л**

**Table 2**

**Age dynamics of thyroid hormone levels in the blood of sheep, nmol/l**

Возраст, мес. Age, in months	Группы животных / Animal groups								
	I			II			III		
	Трийодтироксин ( $T_3$ ) Triiodothyroxine ( $T_3$ )	Тироксин, ( $T_4$ ) Thyroxine ( $T_4$ )	$T_3/T_4$ , %	Трийодтироксин ( $T_3$ ) Triiodothyroxine ( $T_3$ )	Тироксин, ( $T_4$ ) Thyroxine ( $T_4$ )	$T_3/T_4$ , %	Трийодтироксин ( $T_3$ ) Triiodothyroxine ( $T_3$ )	Тироксин ( $T_4$ ) Thyroxine ( $T_4$ )	$T_3/T_4$ , %
1	5,03 ±0,59	133,18 ±5,79	3,78 ±0,12	4,78 ±0,13	120,11 ±4,73	3,98 ±0,40	3,92 ±0,30	94,09 ±6,03	4,17 ±0,39
2	3,10 ±0,25	103,59 ±6,10	2,99 ±0,14	2,71 ±0,17	86,69 ±4,12	3,13 ±0,11	2,32 ±0,15	77,11 ±5,00	3,01 ±0,13
3	2,81 ±0,20	94,79 ±3,93	2,96 ±0,09	2,44 ±0,13	79,93 ±5,09	3,05 ±0,11	2,06 ±0,12	69,84 ±4,03	2,95 ±0,13
4	3,35 ±0,25	109,70 ±7,09	3,05 ±0,12	2,94 ±0,12	87,77 ±6,23	3,35 ±0,22	2,43 ±0,05	72,92 ±4,79	3,33 ±0,17
8	3,61 ±0,34	111,32 ±3,88	3,24 ±0,19	3,42 ±0,15	98,81 ±3,29	3,46 ±0,36	2,96 ±0,21	86,23 ±4,35	3,43 ±0,24

Для последующих возрастных периодов (4-х, 8-ми месяцев) характерно повышение концентрации  $T_3$  и  $T_4$  у животных I группы – до 3,35 и 3,61; 109,7 и 111,32 нмоль/л; II группы – до 2,94 и 3,42; 87,77 и 98,81 нмоль/л и III группы – до 2,43 и 2,96; 72,92 и 86,23 нмоль/л, соответственно ( $P < 0,01$ ). Однако в крови молодняка овец во все периоды онтогенеза, не испытывающих йододефицит (I и II гр.), в сравнение со сверстниками, содержащимися в зоне с йодной недостаточностью (III гр.), уровень тиреоидных гормонов ( $T_3$  и  $T_4$ ) был достоверно выше с превосходством в 1 месячном возрасте – на 22,1 и 18,0; 29,4 и 21,7%, в 2-х – на 25,2 и 14,4; 25,6 и 11,1%, в 3-х – на 26,7 и 15,6; 26,3 и 12,6%, в 4-х – на 27,5 и 17,4; 27,1 и 16,9%, в 8-ми – на 18,0 и 13,5; 22,5 и 12,7%, соответственно ( $P < 0,01$ ;  $P < 0,05$ ). Интересно отметить, что величина коэффициента тиреоидной конверсии (отношение трийодтиронина –  $T_3$  к тироксину –  $T_4$  ( $T_3/T_4 \times 100$ )) во все изучаемые периоды онтогенеза у овец, выращиваемых в условиях гор, была, как правило, выше ( $P < 0,05$ ). Анализ полученных данных свидетельствует о более интенсивном превращении тироксина в организме животных на более активный трийодтиронин. Активный трийодтиронин, необходимый для активации метаболизма и обеспечения жизнедеятельности организма.

Анализом и сопоставлением показателей белкового обмена выявлена значительная вариабельность уровня сывороточного белка, его фракций, обусловленная как возрастом, так и условиями содержания ягнят [15] (табл. 3).





**Таблица 3**  
**Уровень сывороточного белка и его фракций у овец в разных условиях содержания**  
**Table 3**

**The level of serum protein and its fractions in sheep under different farming conditions**

Возраст, мес. Age, in months	Общий белок, г/л Total protein, g/l			Белковые фракции, % / Protein fractions, %					
				Альбумины Albumins			Глобулины Globulins		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	67,77 ±1,22	63,36 ±1,27	59,88 ±1,88	34,29 ±1,19	32,49 ±1,43	30,15 ±2,04	33,48 ±1,24	30,82 ±1,51	29,73 ±1,31
2	76,37 ±1,96	71,56 ±1,41	63,38 ±1,45	40,31 ±1,18	37,32 ±1,29	32,51 ±1,39	36,06 ±1,35	34,24 ±1,31	30,87 ±1,45
3	71,81 ±2,02	69,02 ±0,94	61,04 ±1,21	34,71 ±1,03	33,81 ±1,78	28,52 ±1,02	37,12 ±1,82	35,21 ±1,15	32,52 ±1,03
4	68,84 ±1,73	66,74 ±1,95	57,15 ±1,66	33,53 ±1,19	30,09 ±1,31	26,52 ±1,12	35,31 ±1,29	36,65 ±1,45	30,53 ±1,25
8	74,30 ±1,94	70,15 ±1,92	60,04 ±1,73	31,46 ±1,24	30,13 ±1,27	24,33 ±1,07	42,84 ±1,36	40,02 ±1,31	35,71 ±1,46

Наименьший уровень сывороточного белка, независимо от условий содержания, был характерен для ягнят в ранний период (1 мес.) онтогенеза, составивший соответственно: 67,77; 63,36; 59,88 г/л. К 2-х месячному возрасту произошло значительное увеличение этого показателя, составившее соответственно: 76,37; 71,56; 63,38 г/л ( $P < 0,01$ ). При этом у молодняка овец, содержащегося в низине и в горных условиях с достаточной йодной обеспеченностью (I; II гр.), увеличение показателя общего белка было более интенсивным с превосходством на 14,3%, в среднем по группе ( $P < 0,01$ ). В последующие возрастные периоды выявленная закономерность сохранилась. Так, в 3-х месячном возрасте у ягнят это превосходство составило в среднем – на 13,3%, в 4-х – на 15,7%, в 8-ми – на 16,9% ( $P < 0,01$ ). Возрастные характеристики качественного состава сывороточного белка крови, то есть, его фракционного состава у молодняка овец из разных зон обитания, свидетельствуют о наименьшей концентрации альбуминов, глобулинов в первый месяц жизни наблюдаемых ягнят и значительному их увеличению к 2-х месячному возрасту. Так, у ягнят I группы до 40,31 и 36,06%, II – до 37,32 и 34,24%; III – до 32,51 и 30,87%, соответственно ( $P < 0,01$ ). Для последующих возрастных периодов характерным являлось постепенное снижение альбуминовой фракции и увеличение глобулиновой. При явном преимуществе концентрации как альбуминов, так и глобулинов в сывороточном белке овец, выращиваемых в низинной и горной зонах с достаточной обеспеченностью йодом (I; II гр.) по сравнению с животными (III гр.), испытывающими его недостаток. У ягнят к 8-ми месячному возрасту уровень альбуминов и глобулинов, не испытывающих йодный недостаток (I; II гр.), составил 31,46 и 42,84; 30,13 и 42,02%, в то время как у сверстников, испытывающих его недостаток (III гр.), – 24,33 и 35,71% ( $P < 0,01$ ). Об общности количественных изменений сывороточного белка и его фракций у ягнят, выращиваемых в разных условиях, свидетельствуют полученные данные, сводившиеся к общебиологическим возрастным закономерностям. Однако степень увеличения изучаемых показателей зависела как от зоны выращивания ягнят, так и от обеспеченности их йодом.

Способность вырабатывать естественные адаптационные реакции является одним из важнейших условий в окружающей среде для успешного существования животного организма. Поскольку иммунная система организма является самой динамичной и лабильной. Благодаря адаптационным механизмам организм животного при незначительной силе стрессового воздействия способен с ним справиться без видимых нарушений физиологических функций. К срыву адаптационных механизмов, сопровождающихся снижением иммунной реактивности, повышению восприимчивости к заболеваниям и да-



же гибели животных приводят, значительные по силе действия и продолжительные по времени стресс-факторы, в том числе природно-климатические, экологические, физиологические (дефицит микро-, макроэлементов и др.) [12-14].

О становлении иммунного статуса судили по уровню Т-, В-клеток и их субпопуляции в периферической крови растущего молодняка. Так, был выявлен ряд особенностей при сравнительном анализе уровня иммунокомпетентных Т-, В-клеток, обусловленных не только зрелостью организма ягнят на разных этапах онтогенеза, но и условиями их содержания [15]. Прежде всего обращает на себя внимание однотипичность возрастных изменений уровня Т-, В-лимфоцитов в крови ягнят по мере их роста и развития независимо от условий их выращивания (табл. 4).

Таблица 4

Уровень Т-, В-лимфоцитов и их субпопуляций в крови овец в разных условиях содержания,  $10^9/\text{л}$  [15]

Table 4

The level of T and B-lymphocytes and their subpopulations in the blood of sheep under different farming conditions,  $10^9/\text{l}$  [15]

Возраст, мес. Age, in months	Группы животных / Animal groups											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Т-лимфоциты T-lymphocytes			В-лимфоциты B-lymphocytes			Т-супрессоры T-suppressors			Т-хелперы TH-lymphocytes		
1	0,67 $\pm 0,16$	0,61 $\pm 0,18$	0,60 $\pm 0,14$	0,21 $\pm 0,09$	0,19 $\pm 0,04$	0,17 $\pm 0,07$	0,28 $\pm 0,14$	0,31 $\pm 0,12$	0,34 $\pm 0,15$	0,19 $\pm 0,13$	0,17 $\pm 0,11$	0,15 $\pm 0,08$
2	0,73 $\pm 0,17$	0,69 $\pm 0,15$	0,64 $\pm 0,16$	0,23 $\pm 0,09$	0,21 $\pm 0,06$	0,19 $\pm 0,09$	0,26 $\pm 0,13$	0,27 $\pm 0,15$	0,32 $\pm 0,16$	0,23 $\pm 0,18$	0,24 $\pm 0,18$	0,20 $\pm 0,11$
3	0,86 $\pm 0,19$	0,72 $\pm 0,19$	0,67 $\pm 0,18$	0,27 $\pm 0,10$	0,24 $\pm 0,12$	0,21 $\pm 0,10$	0,24 $\pm 0,12$	0,26 $\pm 0,13$	0,25 $\pm 0,14$	0,26 $\pm 0,17$	0,24 $\pm 0,12$	0,21 $\pm 0,14$
4	0,91 $\pm 0,19$	0,78 $\pm 0,20$	0,72 $\pm 0,19$	0,46 $\pm 0,03$	0,39 $\pm 0,12$	0,33 $\pm 0,20$	0,17 $\pm 0,10$	0,22 $\pm 0,15$	0,22 $\pm 0,18$	0,28 $\pm 0,22$	0,26 $\pm 0,17$	0,23 $\pm 0,16$
8	1,07 $\pm 0,21$	0,94 $\pm 0,20$	0,88 $\pm 0,20$	0,51 $\pm 0,19$	0,48 $\pm 0,16$	0,44 $\pm 0,19$	0,16 $\pm 0,09$	0,18 $\pm 0,12$	0,21 $\pm 0,15$	0,35 $\pm 0,27$	0,33 $\pm 0,13$	0,28 $\pm 0,19$

Наименьший уровень иммунных Т- и В-клеток был характерен для одномосячных ягнят – I, II группы составивший: 0,67 и 0,21; 0,61 и 0,19  $10^9/\text{л}$  и III группы – 0,60 и 0,17  $10^9/\text{л}$ . Низкий уровень иммунокомпетентных клеток в ранний период онтогенеза, вероятно, связан с несовершенством иммунной системы. С 2-х месячного возраста и в последующие возрастные периоды, отмечено увеличения количества Т- и В-клеток у всех изучаемых групп ягнят, составившее к 8-ми месячному возрасту у ягнят I группы – 1,07 и 0,51; II гр. – 0,94 и 0,48; III гр. – 0,88 и 0,44  $10^9/\text{л}$  ( $P < 0,01$ ). Как правило, во все наблюдаемые периоды уровень Т-, В-лимфоцитов в периферической крови молодняка овец, не испытывающих йододефицит (I; II гр.), был достоверно выше по сравнению со сверстниками, испытывающими недостаток этого микроэлемента (III гр.): в 1 месячном возрасте – на 6,3 и 15,0%; в 2-х месячном – на 9,9 и 13,6%; 3-х месячном – на 15,2 и 19,2%; в 4-х месячном – на 14,8 и 22,3%; в 8-ми месячном – на 12,4 и 11,1% ( $P < 0,01$ ). Особую роль в постоянстве внутренней среды играют субпопуляции, выполняющие супрессорную и хелперную функции. Результаты сопоставления уровней Т-супрессоров и Т-хелперов свидетельствуют о том, что во все наблюдаемые периоды роста и развития у молодняка овец (I; II гр.), не испытывающих йодный дефицит, интенсивность синтеза Т-хелперов была выше, чем у сверстников, испытывающих его недостаток (III гр.). Что касается синтеза Т-супрессоров, то их количество на протяжении исследуемого периода постнатального он-



тогенеза (1-8 мес.) в крови ягнят всех групп (I, II, III) уменьшалось: от 0,28 до 0,16; от 0,31 до 0,18; от 0,34 до 0,21  $10^9/\text{л}$ , соответственно ( $P < 0,01$ ). Изменения, выявленные в уровне Т-, В-лимфоцитов в периферической крови исследуемых ягнят, не выходят за пределы физиологической нормы, но интенсивность их синтеза, вероятно, зависела от условий содержания животных. Изменчивость уровня Т-хелперов и Т-супрессоров, можно предположить, обусловлена активацией тех механизмов иммунного ответа, которые обеспечивают постоянство состава и свойств внутренней среды организма животных, обеспечивающих их жизнедеятельность.

Анализом результатов гормональной терапии (внутримышечного введения тироксина) установлено, что иммунный ответ на экзогенный тирозин проявился на величине показателей, характеризующих защитный потенциал (табл. 5).

**Таблица 5**  
**Показатели иммунитета на фоне инъекции тироксина**  
**Table 5**

**Immunity indicators affected by thyroxine injection**

Показатели Indicators	до before	инъекция тироксина (Т <sub>4</sub> ), дни thyroxin injection (T <sub>4</sub> ), days				до before	инъекция физ. раствора, дни saline injection, days			
		5	10	15	30		5	10	15	30
	Опыт / Experiment						Контроль / Control			
Т-лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л T-lymphocytes, 10 <sup>9</sup> /l	0,62 ±0,18	0,67 ±0,20	0,70 ±0,28	0,74 ±0,26	0,86 ±0,24	0,63 ±0,18	0,62 ±0,13	0,61 ±0,21	0,61 ±0,13	0,62 ±0,121
В-лимфоциты, 10 <sup>9</sup> /л B-lymphocytes, 10 <sup>9</sup> /l	0,28 ±0,09	0,33 ±0,22	0,34 ±0,05	0,33 ±0,11	0,35 ±0,09	0,31 ±0,05	0,28 ±0,10	0,32 ±0,04	0,31 ±0,05	0,28 ±0,12
Т-хелперы, 10 <sup>9</sup> /л TH-lymphocytes, 10 <sup>9</sup> /l	0,23 ±0,08	0,25 ±0,06	0,24 ±0,06	0,28 ±0,09	0,29 ±0,08	0,22 ±0,06	0,22 ±0,05	0,22 ±0,05	0,22 ±0,09	0,21 ±0,10
Т-супрессоры, 10 <sup>9</sup> /л T-suppressors, 10 <sup>9</sup> /l	0,22 ±0,09	0,21 ±0,07	0,18 ±0,07	0,19 ±0,06	0,18 ±0,03	0,21 ±0,10	0,21 ±0,07	0,21 ±0,08	0,21 ±0,04	0,22 ±0,05
Иммунорегуляторный индекс Immunoregulatory index	1,04	1,19	1,33	1,47	1,61	1,04	1,05	1,04	1,05	0,95
Циркулирующие иммунные комплексы, ед Circulating immune complex, units	3,01 ±0,21	3,03 ±0,22	3,00 ±0,20	2,54 ±0,18	2,36 ±0,12	3,03 ±0,24	3,02 ±0,07	3,01 ±0,20	3,00 ±0,18	3,02 ±0,21

Сопоставление показателей клеточной защиты 4-х месячных ярок до гормональной коррекции и после нее, свидетельствует об увеличении интенсивности синтеза Т-лимфоцитов на 5 день после инъекции гормона, продолжавшееся до конца эксперимента (30-й день). К 5 дню произошла стабилизация уровня В-лимфоцитов, оставаясь почти неизменной до 30 дня эксперимента. Не менее контрастны показатели, характеризующие интенсивность синтеза субпопуляций, выполняющих хелперную и супрессорные функции. Экзогенный гормон уже на 5 день после инъекции способствовал активации синтеза Т-хелперов, продолжавшуюся до конца эксперимента:  $0,23 \times 10^9/\text{л}$  – в начале и  $0,29 \times 10^9/\text{л}$  – к 30 дню ( $P < 0,01$ ;  $P < 0,05$ ). Что касается Т-супрессоров, то введение тироксина способствовало снижению синтеза этих клеток с  $0,22 \times 10^9/\text{л}$  в начале эксперимента до  $0,18 \times 10^9/\text{л}$  в конце его ( $P < 0,01$ ). Степень интенсивности активации хелперных и супрессорных функций на фоне гормональной коррекции нашла отражение в величине иммунорегуляторного индекса (ИРИ) – отношение Т-хелперов к Т-супрессорам. К концу эксперимента произошло достоверное увеличение этого показателя, свидетельствующее о становлении иммунной реактивности. Произшедшее к 15-му дню снижение количества





циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК), является определенной мере, подтверждением этому выводу.

Полученные данные, их анализ свидетельствуют о том, что внутримышечное введение тироксина способствовало нормализации защитного потенциала овец, испытывающих дефицит йода.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При сопоставлении и анализе морфологического состава крови овец, содержащихся в разных условиях, выявлена общая для всех опытных групп закономерность – увеличение с возрастом количества форменных элементов крови, уровня гемоглобина. Однако у молодняка овец, не испытывающих йододефицит (низина, горы) достоверна выше была интенсивность увеличения числа красных клеток крови, увеличение в них гемоглобина. У ягнят, выращиваемых в условиях гор с недостаточностью йода, уже на ранних этапах онтогенетического развития произошло нарушение гемопоэтической функции, сохранившееся и в последующие периоды роста. Поскольку, как отмечалось выше, тиреоидные гормоны усиливают активацию эритропоэза, что является особо важным для обеспечения организма животных необходимым количеством кислорода в условиях гипоксии. Выявленные различия в гематологических параметрах овец, выращиваемых в различных экологических зонах, вероятно, обусловлены действием в условиях гор как гипоксии, так и функциональной деятельности щитовидной железы. При наблюдении за характером онтогенетических изменений гормонального фона в крови овец из разных зон, отмечены однотипность, сводившаяся к достаточно высокому уровню тиреоидных гормонов ( $T_3$ ,  $T_4$ ) в крови одномесячных ягнят с последующим снижением (к 2-х, 3-х мес.) и стабилизацией их концентрации к 8-ми месячному возрасту у всех наблюдаемых животных. Четко выраженная периодичность гормонального фона крови растущего молодняка, вероятно, связана с гормонообразующей функцией щитовидной железы, которая поддерживает ту адаптационную норму, которая необходима для жизнедеятельности организма. Что подтверждается большей величиной коэффициента тиреоидной конверсии во все наблюдаемые периоды онтогенеза у ягнят, не испытывающих дефицит йода. Выявленная уже на первых этапах онтогенеза гипопроотеинемия отмечалась и в последующие возрастные периоды у ягнят, испытывающих недостаток йода, которая сопровождалась более низким уровнем иммунокомпетентных Т-, В- клеток, более низкой величиной коэффициента тиреоидной конверсии ( $T_3/T_4$ ). Метаболический ответ на экзогенный тироксин проявился в нормализации обменных процессов, активации клеточного иммунитета. Особенности изучаемых показателей крови у овец, находящихся в условиях горной местности, вероятно, обусловлены проявлением популяционной адаптивной изменчивости под влиянием сложившихся факторов внешней среды, а также породных особенностей животных, пластичностью их гормонального, в частности, тиреоидного фона. Дальнейшие слежения за физиолого-биохимической адаптацией овец карачаевской породы, разводимой в условиях гор Северного Кавказа, позволит полнее раскрыть механизмы популяционной адаптации, сохраняющиеся на протяжении длительного времени и сопровождающиеся стойкими функциональными изменениями, а также разработать способы и приемы коррекции йододефицита.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пилов А.Х. Морфологическая и функциональная характеристика щитовидной железы домашних животных // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2003. Вып. 3. С. 62-63.
2. Ярахмедов Р.М. Йодная недостаточность крупного рогатого скота в Республике Дагестан и основы её фармакоррекции // Farm animals. 2012. N 1. С. 65-67.
3. Балаболкин М.И. Достижения в изучении биосинтеза тиреоидных гормонов // Проблемы эндокринологии. 1988.Т. 34. N 2. С. 46-50.



4. Велданова М.В., Скальский А.В. Йод – знакомый и незнакомый. М.: Интел Тек, 2004. 192 с.
5. Селятицкая В.Г., Одинцов С.В., Обухов Л.А. Морфофункциональные изменения щитовидной железы у лабораторных животных при действии холода // Проблемы эндокринологии. 1998. Т. 44. N 4. С. 40-42.
6. Туракулов Я.Х., Тапходжаева Т.П. Внутритиреоидное дейодирование тироксина: влияние ТТГ и денервации щитовидной железы // Проблемы эндокринологии. 1986. Т. 32. N 5. С. 72-76.
7. Assane M., Sere A. Influence de la saison et de la gestation sur la concentration plasmatique des hormones thyroïdiennes: triiodothyronine (T<sub>3</sub>) et thyroxine (T<sub>4</sub>), chez la brebis peulh du Sahel // Ann Rech. Veter. 1990. V. 21. N 4. P. 499-503.
8. Kim S.R., Tull E.S., Talbott E.O., Vogt M.T., Kuller L.H. A hypothesis of synergism: the interrelationship of T<sub>3</sub> and insulin to disturbances in metabolic homeostasis // Med. Hypotheses. 2002. V. 59. Iss. 6. P. 660-666.
9. Радченков В.П., Матвеев В.А., Бутров Е.В. Количественные показатели гормонального статуса сельскохозяйственных животных // Сельскохозяйственные животные. Физиологические и биохимические параметры организма: справочное пособие. Боровск: ВНИИФБиП, 2002. С. 235-258.
10. Скальский А.В., Мирошников С.А., Нотова С.В., Болодурина И.П., Мирошников С.В., Алиджанова И.Э. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации // Экология человека. 2014. N 9. С. 14-17.
11. Delange F. Iodine requirements during pregnancy, lactation and the neonatal period and indicators of optimal iodine nutrition // Public Health Nutr. 2007. V. 10. Iss. 12A. P. 1571-1580. Doi: 10.1017/S1368980007360941
12. Квачев И.Г., Касич А.Ю. Иммунодефицитные состояния и их корреляция // Сельскохозяйственная биология. 1991. Т. 26. N 2. С. 103-115.
13. Суплотова А.А., Губина В.В., Карнаухова Ю.Б. Скрининг врождённого гипотиреоза как дополнительный метод изучения йододефицитных заболеваний // Проблемы эндокринологии. 1998. Т. 44. N 1. С. 15-19.
14. World Health Organization. Essence of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Geneva. WHO. 2001. P. 49-71.
15. Чижова Л.Н., Михайленко А.К., Чотчаева Ч.Б., Барнаш Е.Н. Формирование иммунного статуса у овец в условиях йододефицита // Сборник научных трудов СНИИЖК. Ставрополь. 2014. Т. 1. Вып. 7. С. 150-155.

## REFERENCES

1. Pilov A.Kh. Morphofunctional characteristic of the thyroid gland of domestic animals in the conditions of the Central part of the North Caucasus. Vestnik Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2003, iss. 3, pp. 62-63. (In Russian)
2. Yarakhmedov R.M. Iodine deficiency in cattle in the Dagestan Republic. Farm animals. 2012, no. 1, pp. 65-67. (In Russian)
3. Balabolkin M.I. Achievements in the study of the biosynthesis of thyroid hormones. Problemi Endocrinologii [Problems of Endocrinology]. 1988, vol. 34, no. 2, pp. 46-50. (In Russian)
4. Veldanova M.V., Skalsky A.V. *Iod – znakomyi i neznakomyi* [Iodine as familiar and unfamiliar]. Moscow, Intel Tek Publ., 2004, 192 p. (In Russian)
5. Selyatitskaya V.G., Odintsov S.V., Obukhov L.A. Morphofunctional changes of the thyroid gland in laboratory animals under the action of cold. Problemi Endocrinologii [Problems of Endocrinology]. 1998, vol. 44, no. 4, pp. 40-42. (In Russian)



6. Turakulov Ya.Kh., Tashkhodzhaeva T.P. Inside thyroid deiodination of thyroxine: the effect of TSH and thyroid gland denervation. *Problemy endokrinologii* [Problems of Endocrinology]. 1986, vol. 32, no. 5, pp. 72-76. (In Russian)
7. Assane M., Sere A. Influence de la saison et de la gestation sur la concentration plasmatique des hormones thyroïdiennes: triiodothyronine (T<sub>3</sub>) et thyroxine (T<sub>4</sub>), chez la brebis peulh du Sahel. *Ann Rech. Veter*, 1990, vol. 21, no. 4, pp. 499-503.
8. Kim S.R., Tull E.S., Talbott E.O., Vogt M.T., Kuller L.H. A hypothesis of synergism: the inter-relationship of T<sub>3</sub> and insulin to disturbances in metabolic homeostasis. *Med. Hypotheses*, 2002, vol. 59, iss. 6, pp. 660-666.
9. Radchenkov B.P., Matveev V.A., Butrov E.V. Quantitative indices of the hormonal status in farm animals. In: *Sel'skokhozyaistvennyye zhivotnye. Fiziologicheskie i biokhimicheskie parametry organizma: spravochnoe posobie* [Farm animals. Physiological and biochemical parameters of the body; a reference guide]. Borovsk, VNIIPHBIP Publ., 2002, pp. 235-258. (In Russian)
10. Skalny A.V., Miroshnikov S.A., Notova S.V., Miroshnikov S.V., Bolodurina I.P., Alidzhanova I.E. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. *Ekologiya cheloveka* [Human ecology]. 2014, no. 9, pp. 14-17. (In Russian)
11. Delange F. Iodine requirements during pregnancy, lactation and the neonatal period and indicators of optimal iodine nutrition. *Public Health Nutr*, 2007, vol. 10, iss. 12A, pp. 1571-1580. Doi: 10.1017/S1368980007360941
12. Kvachev I.G., Kasich A.Yu. Immunodeficiency states and their correlations. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya* [Agricultural biology]. 1991, vol. 26, no. 2, pp. 103-115. (In Russian)
13. Suplotova A.A., Gubina V.V., Karnaukhiva Yu.B. Screening of congenital hypothyroidism as an additional method for studying iodine-deficient diseases. *Problemy endokrinologii* [Problems of Endocrinology]. 1998, vol. 44, no. 1, pp. 15-19. (In Russian)
14. World Health Organization. Essence of iodine deficiency disorders and monitoring their elimination. Geneva. WHO. 2001. pp. 49-71.
15. Chizhova L.N., Mikhailenko A.K., Chotchaeva Ch.B., Barnash E.N. Formation of immune status in sheep under conditions of iodine deficiency. In: *Sbornik nauchnykh trudov SNIIZhK* [Collection of scientific papers of SNIIZhK]. Stavropol, 2014, vol. 1, iss. 7, pp. 150-155. (In Russian)

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

##### Принадлежность к организации

**Марина И. Селионова**, профессор РАН, доктор биологических наук, директор Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Ставрополь, Россия, e-mail: m\_selin@mail.ru

**Антонина К. Михайленко\***, доктор биологических наук, профессор кафедры «Биология и экология», Ставропольский государственный медицинский университет, ул. Мира, 310, г. Ставрополь, 355017, Россия. Тел. (8652)35-61-85, e-mail: mak-bio@mail.ru

#### AUTHOR INFORMATION

##### Affiliations

**Marina I. Selionova**, Professor of the RAS, Doctor of Biological Sciences, Director All-Russian Research Institute of Sheep Breeding and Goat Breeding – branch of the FSB SI "North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre", Stavropol, Russia, e-mail: m\_selin@mail.ru

**Antonina K. Mikhailenko\***, Doctor of Biological Sciences, Professor of the chair "Biology and Ecology", Stavropol State Medical University, st. Mira, 310, Stavropol, 355017, Russia. Tel. (8652)35-61-85, e-mail: mak-bio@mail.ru



**Людмила Н. Чиждова**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства-филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Ставрополь, Россия.  
E-mail: immunogenetika@yandex.ru

**Чолпан Б. Чотчаева**, старший преподаватель Карачаево-Черкесского государственного университета, г. Карачаевск, Россия.

**Евгения С. Суржикова**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства-филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Ставрополь, Россия.

#### **Критерии авторства**

Все авторы в разной степени участвовали в написании статьи, несут ответственность за плагиат, самоплагиат.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Поступила в редакцию 03.12.2018**

**Принята в печать 11.01.2019**

**Lyudmila N. Chizhova**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, chief researcher of the laboratory of immunogenetics and DNA technology All-Russian Research Institute of Sheep Breeding and Goat Breeding – branch of the FSB SI “North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre”, Stavropol, Russia.  
E-mail: immunogenetika@yandex.ru

**Cholpan B. Chotchaeva**, Senior teacher of biology and chemistry department of Karachay-Circassian State University named after U.D. Aliev, Karachaevesk, Russia.

**Evgenia S. Surzhikova**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for immunogenetics and DNA technologies All-Russian Research Institute of Sheep Breeding and Goat Breeding - branch of the FSB SI “North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre”, Stavropol, Russia.

#### **Contribution**

All authors equally participated in writing of the article and are responsible avoiding the plagiarism, self-plagiarism

#### **Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

**Received 03.12.2018**

**Accepted for publication 11.01.2019**