

ВЛИЯНИЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС АККЛИМАТИЗИРУЕМЫХ ЗААНЕНСКИХ БЕЛЫХ НЕМЕЦКИХ УЛУЧШЕННЫХ КОЗ

Полковниченко П.А. – старший научный сотрудник, **Воробьев В.И.** – доктор биологических наук, профессор, **Полковниченко А.П.** – кандидат биологических наук, **Воробьев Д.В.** – доктор биологических наук, профессор, **Махмуд Ахмед** – аспирант

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»
(14056, г. Астрахань, ул. Татищева 20а, e-mail: asu@asu.edu.ru)

В последние десятилетия значительно расширились научно-исследовательские работы по изучению физиолого-биогеохимической роли микроэлементов, в которых установлена важная физиологическая роль этих веществ, входящих в состав ферментов, гормонов и других активных веществ в организме растений и различных видов животных. Недостаток микроэлементов приводит к возникновению эндемических заболеваний сельскохозяйственных животных. Изучение динамики микроэлементов, которые определяли атомно-абсорбционным методом в основных компонентах наземных (пастбищных) экосистем, имеет большое и актуальное значение для животных. В работе приведены данные мониторинга биогеохимической ситуации пастбищных экосистем Астраханской области. Установлен низкий уровень селена, йода и кобальта в среде и в кормах для завезенных и акклиматизируемых жвачных животных в биогеохимической ситуации региона Нижней Волги (Астраханская область). Выявлен микроэлементный статус акклиматизируемых зааненских белых немецких улучшенных коз в условиях дефицита в среде и кормах селена, йода и кобальта, что вызывает оксидативный (окислительный) стресс, который предопределяет гипомикроэлементоз, часто без явных симптомов, и снижение функций продуктивности у исследуемых акклиматизируемых зааненских белых немецких улучшенных коз. В теоретическом плане интересно изучение динамики микроэлементов в экологической системе: почва, вода, растения, органы и ткани акклиматизируемых животных в регионе слабой обеспеченности селеном, йодом и кобальтом, на примере Астраханской области.

Ключевые слова: микроэлементы, биогеохимия, микроэлементы в кормах, гипомикроэлементозы, зааненских белые немецкие козы, оксидативный стресс.

Известно, что уровень микроэлементов в почвах определенным образом влияет на содержание химических элементов в органах и тканях животных, изменяет реакции метаболизма и может вызывать у них гипомикроэлементоз. Козоводство в Астраханской области в настоящее время является важной отраслью животноводства. Однако, диагностика эндемических заболеваний, в том числе гипомикроэлементоза у акклиматизируемых зааненских белых немецких коз в Астраханской области не проводилась. Поэтому, очень важно своевременно установить в основных компонентах наземных экосистем (почвы, воды, различные виды растений, растительные корма) дефицит или избыточность физиологически важных микроэлементов, чтобы вовремя восполнить недостаток химических элементов, корректируя гипомикроэлементоз тех или иных микроэлементов, опираясь на теоретические и

практические положения биогеохимии [3, 4, 5, 7, 11]. Установлено, что гипомикроэлементоз у мелкого рогатого скота (козы, овцы) проходит не редко внешне бессимптомно [9, 11], а изменения обменных процессов при этой патологии диагностируется окончательно только комплексно на молекулярно-клеточном уровне, сопровождаясь обязательным снижением продуктивности и репродуктивных функций различных видов животных, находящихся в регионах с низким уровнем тех или иных микроэлементов в окружающей среде и растительных кормах [11]. Поэтому первым шагом в исследовании гипомикроэлементоза является изучение биогеохимической обстановки, в которой находятся животные, и их микроэлементного статуса.

Целью исследования явилось выяснение влияния биогеохимической ситуации в Астраханской области, в т.ч. определение содержания микроэлементов в почвах, воде,

растениях и растительных кормах на микроэлементный статус акклиматизируемых зааненских белых немецких улучшенных коз.

Материал и методы. Исследования проводились с 2015 по 2019 гг. на кафедре ветеринарной медицины Астраханского государственного университета и на базе крестьянско-фермерских хозяйств Астраханской области. Было собрано по методике В.В. Ковальского (1982) и проанализировано на содержание микроэлементов 43 пробы почв, 29 видов пастбищных растений и растительных кормов, 26 проб воды и 280 проб органов и тканей 10-ти 3-х летних коз зааненской белой немецкой улучшенной породы (живая масса – $47,9 \pm 1,9$ кг), завезенных и акклиматизируемых в Астраханской области в 2014 году, а также от 10-ти трехлетних зааненских коз из хозяйств Краснодарского края (Прикубанский район). Микроэлементы в биологических пробах определяли атомно-абсорбционным методом [2]. Данные исследований обрабатывали статистически с помощью компьютера с использованием программного пакета математического анализа Microsoft Excel 97 Pro, Statistika. Достоверность различий определяли по t-критерию Стьюдента, при уровне значимости $P < 0,01-0,05$.

Результаты исследований. В Астраханской области в различных типах почв кобальта содержится в среднем $7,8 \pm 1,05$, а селена, меди, цинка и марганца – соответственно: $0,09 \pm 0,024$; $14,8 \pm 0,28$; $47,7 \pm 4,1$ и $139,6 \pm 9,8$ мг/кг. В воде установлено – Co – $0,6 \pm 0,01$; Se – $0,016 \pm 0,003$; Mn – $5,9 \pm 0,8$; Zn – $17,7 \pm 0,5$; Cu – $4,8 \pm 0,3$ мг/л, а J – $1,5 \pm 0,19$ мкг/л. Установили, что содержание микроэлементов в большинстве растений (табл. 1) зависит от их содержания в почве ($r = +0,61$), от вида растений, их физиологического состояния и климата. В то же время есть растения – накопители микроэлементов. Например, астрагалы, которые находясь на тех же почвах, способны концентрировать значительные количества химических элементов. Полученные нами данные по содержанию микроэлементов в почвах и растениях показали, что уровень селена в почвах и макрофитах Астраханской области низкий и варьирует в весьма широких пределах. Уровень селена в исследуемых растениях Астраханской области колеблется от $0,01 \pm 0,003$ до $1,76 \pm 0,002$ мг/кг сухого вещества. Известно [8], что нормальный уровень селена в растениях составляет $0,05 \pm 0,004$

мг/кг. Хотя в астрагалах мы обнаружили весьма значительные количества этого элемента. Анализ полученных данных (табл. 1) позволяет утверждать, что в большинстве изучаемых растениях, содержание селена меньше, чем в их аналогах из «эталонного» черноземного региона и нормативных результатов [7,8]. Количество йода в Астраханской области было очень полно и подробно исследовано экспедициями медицинской академии наук в рамках проекта «Тиромобиль. Эндемический зоб. Консенсус», где было даже решено, что «нет дальнейшей необходимости проводить исследования растений и растительных кормов региона Нижней Волги на содержание йода. Факт его очень низкого содержания в регионе Нижней Волги сомнений не вызывает, как не вызывает сомнений и общая биогеохимическая обстановка дефицита йода в целом в ряде других областей России», что подтверждают наши исследования содержания этого элемента в основных компонентах наземных пастбищных экосистем [6].

Уровень марганца в растениях и растительных кормах Астраханской области находится в пределах нормы и даже несколько выше необходимого количества для овец [8] и коз [9], а уровень меди находится на нижней границе нормы [3,5,7,8]. Количество кобальта в растительных кормах коз в условиях Астраханской области находится ниже нижнего порога физиологической «нормы» [3,7,8,12].

Содержание йода, селена и кобальта, в заготовленных для зааненских немецких улучшенных коз березовых веников летом равнялось соответственно: $0,04$ мг/кг; $0,11$ мг/кг и $2,1$ мг/кг, а к весне уровень йода в них уменьшился относительно летнего количества на 16,6%, селена – 19,9% и кобальта снизился до следов. Следовательно, содержание микроэлементов в кормах при их хранении заметно падает. На этот факт ранее указывал и В.И. Воробьев (2009) и Д.В. Воробьев (2013) и другие авторы [1,7].

Однако детальных исследований этого интересного факта до настоящего времени проведено не было и физиологический механизм потери минералов при хранении не объяснен. Таким образом, в изученных образцах почв, воды, растений (табл. 1) и растительных кормах (табл. 2) содержание селена, йода и кобальта было ниже нормативных значений [5, 6, 7, 8, 11, 13].

Таблица 1 – Содержание физиологически важных микроэлементов в Астраханской области

Наименование растений	Элементы, мг/кг			
	Mn	Co	Cu	Se
сено люцерновое	47,2±2,10*	0,5±0,01*	9,8±1,08*	0,06±0,003
сено луговое	46,1±2,05*	0,2±0,006	5,3±0,34*	0,02±0,001
житняк	49,0±1,82	0,34±0,006	4,6±0,28	0,03±0,001
живокость полевая	72,2±4,19*	0,06±0,005	4,7±0,29	0,04±0,0008
суданская трава	92,1±6,59*	0,05±0,004	4,8±0,28	0,09±0,17
лист березовый	42,2±3,08	0,74±0,01	5,8±0,94	0,05±0,008
лебеда татарская	25,0±2,12	сл	2,5±0,18	0,05±0,007
овес песчаный	60,4±1,59*	0,32±0,06	5,1±0,24	0,01±0,008
дурнишник колючий	23,2±1,9	-	3,1±0,87	0,02±0,002
верблюжья колючка	15,2±0,91	сл	6,5±0,09	0,03±0,004
крапива	128,2±9,84*	сл	6,6±0,94	0,08±0,061*
полынь песчаная	60,3±3,64	0,47±0,09	7,8±0,97	1,07±0,024*
картофель	60,3±5,07	0,26±0,05	7,2±0,82	0,04±0,002
ячмень-зерно	8,1±0,56	0,74±0,03*	5,1±0,16	0,03±0,003
аристида перистая	25,8±1,94	0,62±0,31*	6,9±0,18*	0,04±0,003
отруби	14,2±2,3	0,12±0,03	10,8±0,99	0,07±0,0016
костер кровельный	18,2±1,06	0,02±0,07	6,8±0,98	1,76±0,41*
тростник обыкновенный	14,7±7,05	0,05±0,08	8,9±0,12*	0,17±0,05
астрагалы	108,0±6,93*	4,7±0,18*	24,5±2,99*	12,7±3,12*
комбикорм	90,2±15,0*	1,9±0,04	7,9±0,79	1,05±0,08*

*-P<0,05 относительно других видов растений

Марганец и цинк обнаружены в почвах, воде и растениях в оптимальных количествах близких к их уровням в почвах, воде и аналогичных макрофитах из «эталонного» черноземного региона [3, 7, 8]. Анализ питательности кормов коз в биогеохимических условиях Астраханской области показал низ-

кое количество каротина во всех исследованных кормах. В сене из естественных угодий установлено превышение содержания кальция – в 2,6 раза, фосфора – в 1,2 раза, а в сене люцерны уровень кальция – в 1,7 раза, фосфора – в 1,2 раза больше относительно среднепринятых норм кормления коз [4, 11, 12].

Таблица 2 – Характеристика кормов изучаемых коз в геохимических условиях Астраханской области, мг/кг

№	Наименование кормов	Каротин	Переваримый протеин	Ca	P	Co	Cu	Se	J	Mn
1	сено естественное	5,1	35	2,2	2,1	0,2	7,3	0,03	0,07	92,1
2	сено люцерное	6,2	34	7,1	2,5	0,8	8,1	0,03	0,02	73
3	дерть ячменная	25,2	21	5,6	2,6	0,8	3,5	0,02	0,03	33,0
4	дерть овсяная	24,4	23	2,5	4,8	0,8	9,2	0,03	0,16	42,0
5	отруби пшеничные	19,8	21	2,8	7,7	0,7	5,7	0,01	0,04	38,0
6	лист березы	16	22	1,8	1,3	0,04	1,7	0,04	0,02	21,6

Следует сказать, что в условиях Астраханской области кормовая база не всегда отвечает полным зоотехническим требованиям норм кормления овец и коз, как и других жвачных животных. При этом, недостаток ряда химических элементов (Se, J, Co) в почве, растениях и заготовленных кормах Астраханской области также негативно сказывается на реализации генетической программы и снижает физиологические возможности роста и

развития, акклиматизируемых зааненских белых немецких улучшенных коз, в т.ч. молочную продуктивность [9]. Все вышеприведенные биогеохимические параметры наземных экосистем Астраханской области способствуют возникновению и развитию у акклиматизируемых зааненских белых немецких улучшенных коз оксидативного стресса, пролонгирующего комбинированный (Se, J, Co) гипомикроэлементоз. Сравнение

содержания Se, J и Co в органах и тканях акклиматизируемых белых немецких улучшенных коз, находящихся в Астраханской области, с их аналогами из черноземного «эталонного» региона (Краснодарский край), где не регистрируются гипомикроэлементозы

у животных, однозначно показывает слабую обеспеченность селеном, йодом и кобальтом организма изучаемых коз в биогеохимических условиях Астраханской области (табл. 3), а уровень Mn, Cu и Zn у них находится в пределах физиологической «нормы» [1, 12].

Таблица 3 – Содержание микроэлементов в органах и тканях изучаемых коз в биогеохимических условиях Астраханской области и Краснодарского края, в мг/кг сухой массы

Наименование органов и тканей	n	Селен M=m	Медь M=m	Кобальт M=m	Марганец M=m	Цинк M=m	Йод M=m
скелетные мышцы	10	$0,02 \pm 0,005$ $0,17 \pm 0,03^*$	$5,9 \pm 0,32$ $5,6 \pm 0,31$	$0,04 \pm 0,002$ $0,72 \pm 0,03^*$	$22,8 \pm 1,14$ $19,6 \pm 1,73$	$78,3 \pm 7,42$ $80,2 \pm 3,35$	$0,03 \pm 0,004$ $0,14 \pm 0,02^*$
печень	10	$0,32 \pm 0,06$ $0,55 \pm 0,01^*$	$16,1 \pm 0,22$ $13 \pm 2,17$	$2,09 \pm 0,84$ $3,68 \pm 0,24^*$	$44,5 \pm 8,11$ $39,9 \pm 1,13$	$116 \pm 12,3^*$ $112,2 \pm 7,07$	$0,27 \pm 0,003$ $0,74 \pm 0,03^*$
селезенка	10	$0,29 \pm 0,004$ $0,28 \pm 0,04$	$14,8 \pm 1,06$ $16,9 \pm 1,93$	$0,9 \pm 0,03$ $0,72 \pm 0,06$	$33,7 \pm 1,09$ $22,8 \pm 2,19$	$36,3 \pm 3,23$ $22,2 \pm 2,19$	$0,08 \pm 0,002$ $0,09 \pm 0,01$
кровь	10	$0,03 \pm 0,003$ $0,42 \pm 0,03^*$	$12,7 \pm 1,95$ $11,1 \pm 2,22$	$1,22 \pm 0,07$ $2,27 \pm 0,33^*$	$49,6 \pm 3,14$ $47,7 \pm 2,52$	$31,7 \pm 2,12$ $35,8 \pm 3,51$	$0,21 \pm 0,021$ $0,53 \pm 0,04^*$
легкие	10	$0,07 \pm 0,001$ $0,19 \pm 0,08^*$	$24,3 \pm 0,19$ $20,2 \pm 0,93$	$0,83 \pm 0,003^*$ $1,01 \pm 0,19$	$29,5 \pm 4,01$ $9,1 \pm 1,16$	$106 \pm 5,19^*$ $77,4 \pm 3,35$	$0,21 \pm 0,021$ $0,32 \pm 0,06^*$
почки	10	$0,51 \pm 0,002$ $0,59 \pm 0,08$	$13,9 \pm 0,05$ $10,2 \pm 0,93$	$0,56 \pm 0,04$ $2,01 \pm 0,19^*$	$46,8 \pm 2,18$ $50,1 \pm 3,01$	$88 \pm 8,64$ $57,6 \pm 6,04$	$0,26 \pm 0,004$ $0,34 \pm 0,01^*$
стенка сычуга	10	$0,31 \pm 0,004$ $0,51 \pm 0,04^*$	$14,5 \pm 0,06$ $12,5 \pm 0,03$	$0,99 \pm 0,09^*$ $3,16 \pm 0,17^*$	$45,3 \pm 1,28$ $38 \pm 1,28$	$121 \pm 8,86$ $108 \pm 9,61$	$0,32 \pm 0,09$ $0,92 \pm 0,03^*$
стенка тонкого кишечника	10	$0,42 \pm 0,006$ $0,68 \pm 0,09^*$	$20,1 \pm 0,05$ $15,7 \pm 2,06$	$0,98 \pm 0,06^*$ $3,51 \pm 0,58^*$	$25,6 \pm 2,05$ $19,7 \pm 2,08$	$75,3 \pm 10,5$ $82,3 \pm 7,91$	$0,25 \pm 0,017$ $1,01 \pm 0,06^*$
костная ткань	10	$0,03 \pm 0,017$ $0,17 \pm 0,06^*$	$7,41 \pm 0,04$ $9,66 \pm 0,53$	$1,02 \pm 0,09$ $1,66 \pm 0,09^*$	$82,1 \pm 4,55$ $94,7 \pm 5,15$	$161 \pm 9,8^*$ $126 \pm 10,04$	$0,26 \pm 0,054^*$ $0,48 \pm 0,07^*$
шерсть	10	$0,12 \pm 0,08$ $0,14 \pm 0,01$	$13,1 \pm 0,28$ $16,5 \pm 0,99$	$3,16 \pm 0,08^*$ $2,51 \pm 0,12$	$49,8 \pm 1,14$ $36,8 \pm 4,61$	$56,7 \pm 5,12$ $34,9 \pm 2,16$	$0,23 \pm 0,022$ $0,015 \pm 0,04$

* - $P < 0,05$ относительно аналогичных данных у зааненских белых немецких коз из другого региона (числитель – Астраханская область (n=10), знаменатель – Краснодарский край (n=10))

Установленный диагностический факт селено-йодо-кобальтовой недостаточности в организме изучаемых животных является только одним из доказательств наличия комбинированного (Se, J, Co) гипомикроэлементоза у зааненских белых немецких улучшенных коз, находящихся в условиях низкого уровня селена, йода и кобальта в основных компонентах экосистем, в т.ч. растительных кормах в Астраханской области. Для окончательной диагностики гипомикроэлементоза у изучаемых коз необходимо

продолжение комплексных исследований на молекулярно-клеточном уровне.

Заключение. Биогеохимическая ситуация наземных экосистем Астраханской области характеризуется низким уровнем йода, селена и кобальта в почвах, воде, растениях, растительных кормах, органах и тканях акклиматизируемых зааненских белых немецких улучшенных коз и может предопределять оксидативный стресс, пролонгирующий развитие у изучаемых коз комбинированного (Se, J, Co) гипомикроэлементоза.

Литература

1. Батодоржиева, Ц.Б. Диагностика и профилактика йодной недостаточности у овец забайкальской тонкорунной породы / Ц.Б. Батодоржиева // Автореф. канд. дисс. – Улан-Удэ. – 2007. – 22с.
2. Брицке, М.Э. Атомно-абсорбционный спектрохимический анализ / М.Э. Брицке // М.: Химия. – 1982. – 223с.

3. Виноградов, А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой / А.П. Виноградов // Микроэлементы в жизни растений и животных. - 1982. - 192с.
4. Воробьев, В.И. Обмен минеральных веществ у животных / В.И. Воробьев // Астрахань. - ООО ЦНТЭБ. - 2009. - 216с.
5. Воробьев, Д.В. Физиологический механизм влияния недостающих в среде микроэлементов на метаболизм и продуктивность жвачных и всеядных животных / Д.В. Воробьев // С.-Петербург. - Изд. «ЛАНЬ». - 2013. - 280 с.
6. Дедов, И.И. Результаты эпидемиологических исследований йоддефицитных заболеваний в рамках проекта «Тиромобиль» / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко // Проблемы эндокринологии. - 2005. - №5. - С. 32-36.
7. Ковальский, В.В. Геохимическая среда и жизнь / В.В. Ковальский // Наука. - 1982. - 281с.
8. Матвеев, А.М. Экологические основы аккумуляции тяжёлых металлов сельскохозяйственными растениями / А.М. Матвеев, В. А. Павловский, Н.В. Прохорова// Самара. - 1998. - 219 с.
9. Полковниченко, П.А. Физиолого-биохимические основы комплексной диагностики гипомикроэлементоза кроссбредских овец советской мясо-шерстной породы и зааненских белых немецких улучшенных коз / П.А. Полковниченко, А.П. Полковниченко, В.И. Воробьев, Д.В. Воробьев // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2019. - Т. 238 (2). - С. 155-162
10. Родионова, Т.Н. Фармакология селенорганического препарата ДАФС-25 и его использование в животноводстве и ветеринарии / Т.Н. Родионова, В.А. Артипов, В.Г. Лазарев// Саратов. - ИЦ «Наука». - 2010. -241с.
11. Самохин, В.Т. Комплексный хронический дефицит гипомикроэлементов в организме животных – важный негативный экологический фактор для здоровья животных и человека / В.В. Самохин // Биогеохимия в народном хозяйстве: фундаментальные основы ноосферных технологий. VI Международная биогеохимическая школа АГТУ. – Астрахань. – 2008. – С. 159-160.
12. Georgopoulos, N.A. Autonomously functioning thyroid nodules in a former iodinedeficient area commonly harbor gainoffunction mutations in the thyrotropin signaling pathway / N.A. Georgopoulos // Eur. J. Endocrinol. – 2003. – 149. – P. 287-292.
13. Larsen, P.R. Ontogenesis of thyroid function, thyroid hormone and brain development, diagnosis and treatment of congenital hypothyroidism / L.J. De-Groot, P.R. Larsen, G. Henneman // The Thyroid and Its Diseases. 6th ed. New York: Churchill Livingstone. – 1996. – P.541-67.

THE INFLUENCE OF THE BIOGEOCHEMICAL SITUATION OF TERRESTRIAL
ECOSYSTEMS OF ASTRAKHAN REGION ON THE MICROELEMENT STATUS OF
ACCLIMATIZED SAANEN WHITE GERMAN IMPROVED GOATS

Polkovnichenko P.A. – Senior Researcher Officer,
Vorobiyov V.I. – Doctor of Biological Sciences, Professor,
Polkovnichenko A.P. – Candidate of Biological Sciences,
Vorobiyov D.V. – Doctor of Biological Sciences, Professor,

FSBEI HE «Astrakhan State University»
(414056 Astrakhan, Tatishcheva St., 20a, e-mail: asu@asu.edu.ru)

In recent decades, research work on the physiological and biogeochemical role of microelements has expanded significantly, in which the important physiological role of these substances, which are part of enzymes, hormones and other active substances in the body of plants and various animal species, has been established. The lack of microelements leads to the occurrence of endemic diseases of farm animals. The study of the dynamics of microelements, which were determined by the atomic absorption method in the main components of terrestrial (pasture) ecosystems, is of great and urgent importance for animals. The paper presents monitoring data on the biogeochemical situation of pasture ecosystems in the Astrakhan region. A low level of selenium, iodine, and cobalt was found in the environment and in feed for imported and acclimatized ruminants in the biogeochemical situation of the Lower Volga region (Astrakhan region). The microelement status of acclimatized Saanen white German improved goats in conditions of deficiency in the environment and feed of selenium, iodine and cobalt was determined, which causes oxidative stress, which indicates hypomicroelementosis, often without obvious symptoms, and a decrease in productivity functions in

the studied acclimatized white goats. In theoretical terms, it is interesting to study the dynamics of microelements in the ecological system: soil, water, plants, organs and tissues of acclimatized animals in a region of poor supply of selenium, iodine and cobalt, using the example of the Astrakhan region.

Keywords: Microelements, biogeochemistry, trace elements in feed, hypomicroelementoses, Saanen white German goats, oxidative stress.

References

1. Batodorzhieva, C.B. Diagnosis and prevention of iodine deficiency in sheep of the Transbaikal fine-wool breed / C.B. Batodorzhieva // Author. Cand. diss. - Ulan-Ude. - 2007. – 22 p.
2. Britske, M.E. Atomic absorption spectrochemical analysis / M.E. Britske // M.: Chemistry. - 1982. - 223 p.
3. Vinogradov, A.P. The main patterns in the distribution of microelements between plants and the environment / A.P. Vinogradov // Microelements in the life of plants and animals. - 1982. - 192 p.
4. Vorobyov, V.I. The exchange of minerals in animals / V.I. Vorobev // Astrakhan. – OOO TsNTEB. – 2009. - 216 p.
5. Vorobyov, D.V. The physiological mechanism of the influence of deficient microelements in the environment on the metabolism and productivity of ruminant and omnivorous animals / D.V. Vorobyov // St. Petersburg. - Ed. LAH. – 2013. - 280 p.
6. Dedov, I.I. The results of epidemiological studies of iodine deficiency diseases in the framework of the project "Tyromobil" / I.I. Dedov, G.A. Melnichenko // Problems of endocrinology. - 2005. - N. 5. - P. 32-36.
7. Kovalsky, V.V. Geochemical environment and life / V.V. Kowalski // M. - "Science". - 1982. - 281 p.
8. Matveev, A.M. Ecological basis of heavy metals accumulation by agricultural plants / A.M. Matveev, V.A. Pavlovsky, N.V. Prokhorova // Samara. - 1998. - 219 p.
9. Polkovnichenko, P.A. Physiological and biochemical foundations of a comprehensive diagnosis of hypomicroelementosis of crossbred sheep of the Soviet meat-wool breed and German Saanen white improved goats / P.A. Polkovnichenko, A.P. Polkovnichenko, V.I. Vorobiev, D.V. Vorobyov // Scientific notes of the KSAVM named after N.E. Bauman. - 2019. - T. 238 (2). –P. 155-162.
10. Rodionova, T.N. Pharmacology of the organic selenium preparation DAFS-25 and its use in animal husbandry and veterinary medicine / T.N. Rodionova, V.A. Artipov, V.G. Lazarev // Saratov. - Information Center "Science". - 2010. -241 p.
11. Samokhin, V.T. Complex chronic deficiency of hypomicroelements in animals - an important negative environmental factor for animal and human health / V.V. Samokhin // Biogeochemistry in the national economy: the fundamental foundations of noospheric technologies. VI International Biogeochemical School of ASTU. - Astrakhan. - 2008. - P. 159-160.
12. Georgopoulos, N.A. Autonomously functioning thyroid nodules in a former iodinedeficient area commonly harbor gainoffunction mutations in the thyrotropin signaling pathway / N.A. Georgopoulos // Eur. J. Endocrinol. – 2003. – 149. – P. 287-292.
13. Larsen, P.R. Ontogenesis of thyroid function, thyroid hormone and brain development, diagnosis and treatment of congenital hypothyroidism / L.J. De-Groot, P.R. Larsen, G. Henneman // The Thyroid and Its Diseases. 6th ed. New York: Churchill Livingstone. – 1996. – P.541-67.