

МИГРАЦИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ОВЕЦ В БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

АХМЕД Махмуд Абделхамид Махмуд, Астраханский государственный университет
ЗАХАРКИНА Наталья Ивановна, Астраханский государственный университет
ПУДОВКИН Николай Александрович, Астраханский государственный университет
ЩЕРБАКОВА Елена Николаевна, Астраханский государственный университет

Микроэлементы играют важную роль в стабилизации клеточных структур, но в условиях дефицита они могут вызывать различные заболевания. Цель исследования – представить данные мониторинга биогеохимической ситуации пастбищных экосистем юга России на примере Астраханской области. Содержание микроэлементов изучали в отобранных образцах пастбищной экосистемы, а также в органах и тканях овец породы советский меринос (30 гол.). Концентрацию микроэлементов определяли атомно-абсорбционным методом. Установлено, что в почве в наибольшем количестве содержатся марганец и цинк, а в наименьшем – селен. Значительное накопление селена отмечено в почках и органах пищеварительного тракта овец, что связано с процессами всасывания и выделения микроэлемента в организме. Наименьшая концентрация меди выявлена в скелетной мускулатуре и костной ткани, в остальных органах и тканях – от $12,7 \pm 0,05$ до $21,2 \pm 0,03$ мг/кг. По содержанию кобальта изучаемые органы и ткани можно расположить в следующем порядке (по убыванию): печень ($2,21 \pm 0,64$ мг/кг) – кровь ($1,26 \pm 0,05$ мг/кг) – костная ткань ($1,05 \pm 0,05$ мг/кг) – стенка тонкого кишечника ($0,96 \pm 0,04$ мг/кг) – стенка съчуга ($0,94 \pm 0,06$ мг/кг) – легкие ($0,73 \pm 0,004$ мг/кг) – селезенка ($0,70 \pm 0,02$ мг/кг) – почки ($0,641 \pm 0,03$ мг/кг) – мышцы ($0,05 \pm 0,003$ мг/кг). Высокая концентрация марганца установлена в костной ткани, в остальных изучаемых органах и тканях – от $21,6 \pm 1,13$ до $48,5 \pm 3,13$ мг/кг. В наибольшем количестве в организме из всех изучаемых микроэлементов содержится цинк. Максимальное содержание цинка определено в костной ткани и стенке съчуга – $165,1 \pm 8,6$ и $122,0 \pm 8,74$ мг/кг соответственно, а наименьшее в крови и селезенке – $32,5 \pm 2,10$ и $38,2 \pm 3,21$ мг/кг соответственно. Наименьшая концентрация йода установлена в селезенке и мышцах, в остальных изучаемых тканях и органах – от $0,22 \pm 0,024$ до $0,31 \pm 0,07$ мг/кг.

Введение. Живым организмам для нормального функционирования необходимы микроэлементы. Минеральный дисбаланс в почвах и корнях является причиной низкой продуктивности и репродуктивных проблем пастбищных жвачных животных [1, 7].

Почва – один из основных источников микроэлементов для растений и кормов. Доступность этих элементов зависит от их концентрации в почве и характера самой почвы. Питание животных зависит от комплекса «почва – растение – животное» и сезонов года, смена которых также оказывает большое влияние на потребности животных в питательных веществах и микроэлементах [6].

Растения, кроме воды и почвы, являются основным источником микроэлементов для животных. Уровень микроэлементов в растениях зависит от типа и стадии кормления, сезона года и типа почвы. Для оценки минерального статуса животных необходимо регулярно проводить анализ растений на наличие микроэлементов [4]. Дефицит микроэлемен-

тов в почве и растениях отрицательно сказывается на продуктивности. Уровень дефицита микроэлементов у животных по-разному влияет на физиологический процесс, поскольку эти элементы участвуют в метаболической активности, связанной с ростом, размножением и здоровьем животных. Субклиническая недостаточность эссенциальных микроэлементов может не оказывать влияния на рост и развитие животных, но может вызвать у них нарушение репродуктивной функции и иммунитета [2].

Наличие микроэлементов в органах и тканях животных – один из важных диагностических показателей. Скрытый синдром гипомикроэлементоза встречается у жвачных животных в регионах, где установлен низкий уровень микроэлементов. Предыдущие исследования показали, что содержание микроэлементов в почвах Астраханской области низкое и соответствующий дефицит в растениях, по-видимому, снижает продуктивность растительных сообществ. Для здорового роста





в растениях должно содержаться достаточное количество микроэлементов и присутствовать относительно стабильное их соотношение (стехиометрический баланс) [1, 2, 5].

Удовлетворение потребностей в питательных веществах и микроэлементах помогает животным избежать патологических состояний.

Цель работы – изучить биогеохимическую ситуацию с микроэлементами в Астраханской области и уровень микроэлементов в органах и тканях овец породы советский меринос.

Методика исследований. Исследования проводили в 2019 г. на овцах породы советский меринос. Это одна из лучших тонкорунных пород овец, успешно разводимая в крайне засушливой зоне Нижнего Поволжья, в том числе в Астраханской области.

Экспериментальный анализ выполняли на факультете ветеринарной медицины Астраханского государственного университета. Средние пробы почвы, воды, растений, кормов и различных органов 30 овец были отобраны для микроэлементного анализа в соответствии с общепринятыми методиками [6, 8]. Образцы почвы с пастбищ отбирали с разной глубины с помощью пробоотборного шнека. Было взято по пять образцов с каждого из выбранных пастбищ и проведена репрезентативная выборка. Образцы растений собирали с пастбищ в трех местах, после тщательного наблюдения за режимом выпаса овец.

Растения промывали 1%-м раствором HCl с последующей промывкой дистиллированной водой. Высушенные на воздухе образцы снова сушили в сушильном шкафу при температуре 65 ± 5 °С. Высушенные листья измельчали до порошка в электрическом гомогенезаторе и подвергали влажному измельчению. Микроэлементы в отобранных образцах определяли методом атомной абсорбционной спектрофотометрии на спектрофотометре СНТАНІ 180-50 (Япония). После сжигания в пламени образцы аэролизовались и смешивались с газами (ацетиленом и воздухом). Отдельные атомы, которые перешли в возбужденное состояние, пропустив УФ-свет, высвободились. При поглощении УФ-света измеряемая область спектра светится. Детектор и выходной сигнал усилились и были отправлены в компьютерную систему обработки данных. Полученные данные обработаны с помощью программного обеспечения.

Результаты исследований. Определения уровней микроэлементов в экосистеме проводили в Астраханской области на широте $46^{\circ}20'58''$ ($46^{\circ}20'98''$) северной широты и долготе $48^{\circ}2'26''$ ($48^{\circ}2'44''$) восточной долготы.

Астраханская область расположена в Прикаспийской низменности, где Волга впадает в

Каспийское море. Плоская поверхность лежит в основном ниже уровня моря с отметками от $-2,7$ м на севере до $-27,5$ м на юге. Рельеф района равнинный, с засоленными поднятиями Прикаспийской низменности. Астраханская область расположена в зоне полупустынь. Климат резко континентальный, засушливый. Самый холодный месяц – январь (средняя температура -10 °C), самый теплый – июль (средняя температура $+26$ °C). Для Астраханской области характерны песчаные дюны и гряды, глинистые пустыни (такыры), а местами солончаки (шоры) и солончаки толщиной 30–40 см, лишенные растительности.

Выявлено, что различные типы почв Астраханской области содержат низкие концентрации таких микроэлементов, как кобальт, селен, йод, марганец, цинк и медь (табл. 1).

Таблица 1

**Среднее содержание микроэлементов
(Co, Se, I, Mn, Zn и Cu) в почвах и растениях
Астраханской области, мг/кг**

Микроэлемент	Почва (n = 40)	Растение (n = 20)
Кобальт	$7,3\pm 1,02$	$2,02\pm 0,13$
Селен	$0,07\pm 0,021$	$0,13\pm 0,002$
Йод	$0,4\pm 0,02$	$0,05\pm 0,005$
Марганец	$135,4\pm 8,6$	$38,0\pm 7,13$
Цинк	$45,7\pm 3,8$	$33,0\pm 7,6$
Медь	$12,4\pm 0,25$	$8,52\pm 0,58$

Установлено, что в почве в наибольшем количестве содержатся марганец ($135,4\pm 8,6$ мг/кг) и цинк ($45,7\pm 3,8$ мг/кг), а в наименьшем – селен ($0,07\pm 0,021$ мг/кг). Почва – прямой и косвенный источник микроэлементов для животноводства. Биодоступность этих микроэлементов для скота зависит от уровня их в почве, качества почвы, уровня извести в почве, уровня pH в почве, электропроводности, видов растений и сезонных изменений [1, 5].

Содержание селена в почве зависит, прежде всего, от исходной геологической породы. Известно, что песчаные почвы содержат меньше селена по сравнению с органическими и известковыми почвами [3, 4, 6]. Помимо других переменных, таких как содержание глины и органического вещества, основными факторами, которые определяют количество селена в почве, являются кислотность (pH) и окислительно-восстановительный потенциал (Eh). Содержание селена в растениях связано с содержанием его в почвах, на которых они произрастают. Селен – необходимый элемент для животных и людей [3, 4, 6].

Анализ почвы для определения уровня микроэлементов важен, поскольку позволяет оптимально подобрать минеральные добавки для пастбищных животных. Адсорбция микроэлементов корнями контролируется концентрацией других элементов в почвенном растворе. При определении их биодоступности следует учитывать синергетический или антагонистический эффект между микроэлементами почвы. Высокие концентрации цинка, железа и фосфора в почве могут препятствовать поглощению меди корневой системой растений. Установлено, что уровень физиологически важных для организма микроэлементов в растениях напрямую зависит от их содержания в почве, характера подвижности химических элементов, уровня pH в почве, видов растений и их физиологического состояния [1, 2, 5, 9]. Установленные уровни микроэлементов (кобальт, селен, йод, марганец, цинк и медь) также были ниже нормальных уровней у растений.

В системе естественного выпаса растения считаются основным источником микроэлементов для скота. Помимо пищевой ценности они могут содержать много полезных для жи-

вотных веществ. Анализ растений должен быть обычной практикой для определения микроэлементов, поскольку они в потребляемом корме отражают минеральные вещества рациона пасущихся овец.

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что низкий уровень кобальта в кормах вполне сопоставим с зарегистрированным уровнем [9]. Марганец содержится в растениях в оптимальных количествах, близких к его уровню в аналогичных макрофитах из черноземной области. В основном уровень марганца в растениях зависит от его уровня в почве. Было выявлено, что домашний скот может получать достаточное количество марганца, даже если в почве его дефицит. Концентрация кобальта в кормах зависит от концентрации марганца. Чем выше уровень марганца в почве, тем ниже абсорбция кобальта в корме. В почве присутствие антагонистических микроэлементов может уменьшать или увеличивать поглощение других микроэлементов. Факторами, влияющими на содержание микроэлементов в растениях, являются топография почвы, виды растений и сезонная изменчивость. Концентрация меди в выявленных кормовых видах находилась на

Таблица 2

Концентрация микроэлементов в кормах овец в Астраханской области, мг/кг ($n = 10; M \pm m$)

Корм	Микроэлемент			
	Mn	Co	Cu	Se
Сено люцерновое	45,2 ± 2,10	0,6 ± 0,01	8,8 ± 1,07	0,04 ± 0,002
Сено луговое	44,1 ± 2,03	0,3 ± 0,005	6,4 ± 0,37	0,01 ± 0,001
Житняк	48,0 ± 1,62	0,38 ± 0,005	4,4 ± 0,25	0,02 ± 0,002
Живокость полевая	69,1 ± 4,12	0,04 ± 0,006	4,5 ± 0,28	0,07 ± 0,0006
Суданская трава	91,1 ± 5,69	0,05 ± 0,003	4,9 ± 0,27	0,08 ± 0,14
Лист бересковый	41,1 ± 3,05	0,64 ± 0,02	5,9 ± 0,98	0,04 ± 0,007
Лебеда татарская	23,0 ± 2,10	–	2,8 ± 0,15	0,05 ± 0,006
Овес песчаный	61,7 ± 1,39	0,36 ± 0,05	5,5 ± 0,27	0,03 ± 0,009
Дурнишник колючий	25,1 ± 1,7	–	3,3 ± 0,69	0,04 ± 0,003
Верблюжья колючка	16,2 ± 0,71	–	6,6 ± 0,08	0,05 ± 0,005
Крапива	129,2 ± 8,76	–	6,7 ± 0,98	0,88 ± 0,059
Полынь песчаная	61,2 ± 3,54	0,49 ± 0,08	7,5 ± 0,87	1,06 ± 0,028
Картофель	61,3 ± 5,06	0,28 ± 0,03	7,6 ± 0,72	0,02 ± 0,004
Ячмень – зерно	7,1 ± 0,53	0,73 ± 0,02	6,4 ± 0,18	0,04 ± 0,005
Аристида перистая	26,6 ± 1,84	0,67 ± 0,35	6,6 ± 0,19	0,05 ± 0,005
Отруби	15,1 ± 2,2	0,14 ± 0,02	11,1 ± 0,95	0,08 ± 0,0013
Костер кровельный	19,3 ± 1,05	0,03 ± 0,08	7,5 ± 0,97	1,67 ± 0,39
Тростник обыкновенный	14,5 ± 6,03	0,06 ± 0,07	8,5 ± 0,13	0,18 ± 0,04
Комбикорм	91,3 ± 16,0	1,6 ± 0,05	7,7 ± 0,76	1,02 ± 0,07
Астрагалы	89,0 ± 6,3	5,3 ± 0,15	26,3 ± 2,93	11,9 ± 3,14



Содержание микроэлементов в органах и тканях овец в биогеохимических условиях Астраханской области, мг/кг ($n = 10$; $M \pm m$)

Органы и ткани	Se	Cu	Co	Mn	Zn	I
Мышцы	0,03±0,005	5,7±0,33	0,05±0,003	21,6±1,13	75,2±6,36	0,04±0,003
Печень	0,32±0,06	17,1±0,21	2,2 ±0,64	45,5±7,12	114,0±11,2	0,25±0,002
Селезенка	0,28± 0,003	14,6±1,04	0,7±0,02	35,6±1,05	38,2±3,21	0,07±0,003
Кровь	0,03±0,002	13,5±1,91	1,26±0,05	48,5±3,13	32,5±2,10	0,23±0,023
Легкие	0,06±0,002	24,2±0,15	0,73±0,004	26,5±3,03	108,0±4,17	0,22±0,024
Почки	0,52±0,003	12,7±0,05	0,64±0,03	48,4±2,14	86,0±7,65	0,27±0,003
Стенка сицуга	0,32±0,005	15,3±0,04	0,94±0,06	44,2±1,25	122,0±8,74	0,31±0,07
Стенка тонкого кишечника	0,43±0,005	21,2±0,03	0,96±0,04	28,6±2,03	76,4±11,4	0,26±0,018
Костная ткань	0,04±0,016	8,21±0,02	1,05±0,05	85,1±4,51	165,1±8,6	0,27±0,053

46

нижней границе нормы. Низкий pH почвы влияет на концентрацию меди в растениях, так как увеличивает растворимость железа, что снижает абсорбцию меди.

Уровень микроэлементов в органах и тканях овец советской меринской породы существенно варьировал (табл. 3). Наибольшее накопление селена отмечали в почках ($0,52\pm0,003$ мг/кг) и органах пищеварительного тракта ($0,43\text{--}0,32$ мг/кг), что связано с процессами всасывания и выделения микроэлемента в организме. Концентрация меди в тканях распределена неравномерно: наименьшая – в скелетной мускулатуре и костной ткани, в остальных органах и тканях – от $12,7\pm0,05$ до $21,2\pm0,03$ мг/кг. По содержанию кобальта изучаемые органы и ткани можно расположить в следующем порядке (по убыванию): печень ($2,21\pm0,64$ мг/кг) – кровь ($1,26\pm0,05$ мг/кг) – костная ткань ($1,05\pm0,05$ мг/кг) – стенка тонкого кишечника ($0,96\pm0,04$ мг/кг) – стенка сицуга ($0,94\pm0,06$ мг/кг) – легкие ($0,73\pm0,004$ мг/кг) – селезенка ($0,70\pm0,02$ мг/кг) – почки ($0,641\pm0,03$ мг/кг) – мышцы ($0,05\pm0,003$ мг/кг). Концентрация марганца в органах и тканях зависит от физиологической функции. Высокая концентрация микроэлемента установлена в костной ткани. В остальных изучаемых органах и тканях концентрация составляла от $21,6\pm1,13$ до $48,5\pm3,13$ мг/кг.

Установлено, что из всех изучаемых микроэлементов в наибольшем количестве в организме содержится цинк. Максимальное его содержание определено в костной ткани и стенке сицуга – $165,1\pm8,6$ и $122,0\pm8,74$ мг/кг соответственно, а наименьшее – в крови и селезенке – $32,5\pm2,10$ и $38,2\pm3,21$ мг/кг соответственно. Наименьшая концентрация йода установлена в селезенке ($0,07\pm0,003$ мг/кг) и мышцах ($0,04\pm0,003$ мг/кг), в остальных изучаемых тканях и органах содер-

жание микроэлемента составляло от $0,22\pm0,024$ до $0,31\pm0,07$ мг/кг.

Из табл. 3 видно, что в органах и тканях овец советской меринской породы наблюдался низкий уровень Se, Co, I и других важных микроэлементов, что подтверждается биогеохимическим мониторингом основных компонентов наземных экосистем Астраханской области. Кормовые ресурсы микроэлементов для животных включают в себя пастбища, корма и пищевые добавки. Уровень микроэлементов в организме животных зависит от взаимодействия между природой почвы, типами и видами растений, состоянием зрелости, величиной сухого вещества и условиями окружающей среды.

Заключение. Результаты исследования указывают на низкий уровень некоторых микроэлементов в экосистеме Астраханской области. В наибольшем количестве в почве и растениях содержатся марганец и цинк, в наименьшем – селен. В кормах наибольшее содержание микроэлементов установлено в астрагале. Кроме того, низкий уровень микроэлементов был выявлен в органах и тканях овец советской меринской породы. В наибольшем количестве в организме овец содержится цинк и марганец, в наименьшем – йод и селен.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев В.И., Воробьев Д.В. Физиологические аспекты минерального обмена у симментальских коров, разведенных в экологических условиях низкого уровня Se, I и Co в окружающей среде и кормах Нижней Волги // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8. – С. 770–864.
2. Гематологические и биохимические показатели организма ягнят, подвергшихся фармакологической коррекции гипомикроэлементоза в связи с биогеохимическими условиями Нижнего Поволжья /



В.И. Воробьев [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. – С. 812–819.

3. Пудовкин Н.А., Каримова Р.Г., Гарипов Т.В. Накопление и распределение селена в органах и тканях некоторых видов диких животных // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 9. – С. 29–31.

4. Родионова Т.Н., Кутепов А.Ю., Панфилова М.Н. Селен в почве, растениях и кормах Саратовской области // Ветеринарная медицина. Современные проблемы и перспективы развития: материалы 8-й Всерос. науч.-практ. конф. – Саратов, 2008. – С. 339–342.

5. Хисметов И.И., Воробьев Д.В. Физиологические и биогеохимические характеристики основных компонентов наземных экосистем Астраханской области // Фундаментальные исследования. – 2015. – Т. 16. – С. 3539–3543.

6. Экологическое обоснование и комплексные приемы коррекции эссенциальных микроэлементов в системе почва-растение-животное / А.Ю. Кутепов [и др.] // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2012. – № 2 (8). – С. 67–69.

7. Abdelhamid M., Vorobiev V.I., Lapteva M.L., Dyab A.K., Combined effect of monieziosis and hypomicroelementosis on some hematological, biochemical and hormonal parameters in Merino sheep // Pak Vet J., 2021, Vol. 41(1), P. 107–111.

8. Ermakov V.V., Degtyarev A.P., Safonov V.A., Tjutikov S.F., Krechetova E.V. Biogeochemical criteria of as-

essment of soil-plant complex // Problem Biogeoch. Geoch. Ecolog., 2007, No. 2, P. 16–24.

9. Polkovnichenko P.A., Vorobiiov V.I., Polkovnichenko A.P., Vorobiiov D.V. Ahmed M.A. The influence of the biogeochemical situation of terrestrial ecosystems of astrakhan region on the microelement status of acclimatized Saanen white German improved goats // Vet. Doc., 2019, No. 6, P. 52–57.

Ахмед Махмуд Абделхамид Махмуд, аспирант кафедры «Ветеринарная медицина», Астраханский государственный университет. Россия.

Захаркина Наталья Ивановна, канд. бiol. наук, доцент кафедры «Ветеринарная медицина», Астраханский государственный университет. Россия.

Пудовкин Николай Александрович, д-р бiol. наук, проф. кафедры «Ветеринарная медицина», Астраханский государственный университет. Россия.

Щербакова Елена Николаевна, канд. бiol. наук, доцент кафедры «Ветеринарная медицина», Астраханский государственный университет. Россия.

140560, г. Астрахань, ул. Татищева, 20а.

Тел.: (8512) 24-64-00.

Ключевые слова: микроэлементы; пастбищная экосистема; почва; корм; овцы породы советский мерин; гипомикроэлементоз.

MIGRATION OF TRACE ELEMENTS IN THE BODY OF SHEEP IN THE BIOGEOCHEMICAL CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION

Akhmed Mahmud Abdelhamid Mahmud, Post-graduate Student of the chair "Veterinary Medicine", Astrakhan State University, Russia.

Zakharkina Natalya Ivanovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the chair "Veterinary Medicine", Astrakhan State University, Russia.

Pudovkin Nikolay Alexandrovich, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the chair "Veterinary Medicine", Astrakhan State University, Russia.

Shcherbakova Elena Nikolaevna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the chair "Veterinary Medicine", Astrakhan State University, Russia.

Keywords: microelements; pasture ecosystem; soil; fodder; Soviet merino sheep; hypomicroelementosis.

Trace elements play an important role in stabilizing cellular structures, but in conditions of deficiency, they can cause various diseases. The purpose of this study is to present data from monitoring the biogeochemical situation of pasture ecosystems in southern Russia using the example of the Astrakhan region. The content of trace elements was studied in selected samples of the pasture ecosystem, as well as in organs and tissues of Soviet merino sheep in 30 animals. The concentration of trace elements was determined by the atomic absorption method. It has been established that the soil contains the greatest amount, contains manganese and

zinc, and the least contains selenium. The greatest accumulation of selenium occurred in the kidneys and digestive organs, which is associated with the processes of absorption and excretion of the trace element in the body. The concentration of copper in the tissues of the body is unevenly distributed. The lowest concentration of a trace element was found in skeletal muscles and bone tissue; in other organs and tissues, the copper content ranged from 12.7 ± 0.05 to 21.2 ± 0.03 mg/kg. According to the content of cobalt, the studied organs and tissues can be arranged in the following order (in descending order): liver (2.21 ± 0.64 mg/kg) – blood (1.26 ± 0.05 mg/kg) – bone tissue (1.05 ± 0.05 mg/kg) – wall of the small intestine (0.96 ± 0.04 mg/kg) – wall of the abomasum (0.94 ± 0.06 mg/kg) – lungs (0.73 ± 0.004 mg/kg) – spleen (0.70 ± 0.02 mg/kg) – kidneys (0.641 ± 0.03 mg/kg) – muscles (0.05 ± 0.003 mg/kg). A high concentration of manganese is found in bone tissue. In the rest of the studied organs and tissues, the concentration of magnesium ranged from 21.6 ± 1.13 to 48.5 ± 3.13 mg/kg. The largest amount in the body, of all the studied trace elements, contains zinc. The maximum zinc content was determined in the bone tissue and the wall of the abomasum – 165.1 ± 8.6 and 122.0 ± 8.74 mg/kg, respectively, and the lowest – in the blood and spleen – 32.5 ± 2.1 and 38.2 ± 3.21 mg/kg, respectively. The lowest concentration of iodine was found in the spleen and muscles; in the remaining studied tissues and organs, the content of the trace element ranged from 0.22 ± 0.024 to 0.31 ± 0.07 mg/kg.

