

УДК 619:616-07:616.4

DOI: 10.30914/2411-9687-2023-9-1-79-84

ДИАГНОСТИКА ТИРЕОИДНОГО СТАТУСА КОРОВ В ЗОНЕ ЙОДНОГО ДЕФИЦИТА

А. Р. Шагеева, О. А. Грачева, Д. М. Мухутдинова, З. М. Зухрабова

*Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана,
г. Казань, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. Изучена динамика функциональной активности щитовидной железы у коров, содержащихся на йоддефицитной территории РТ. Йодная недостаточность приводит к различным заболеваниям животных, к ухудшению качества животноводческой продукции, нанося значительный ущерб животноводству. В форме мономикроеlementозов данные заболевания у коров протекают редко и часто со скрытой клиникой, что затрудняет своевременную диагностику и разработку профилактических мероприятий. Наиболее часто у животных регистрируются различные полимикроеlementозы, которые характеризуются дисбалансом содержания нескольких микроэлементов. **Материалы и методы.** Для определения тиреоидного статуса коров нами были проведены клинические, лабораторные исследования в ряде хозяйств Арского района РТ. Изучение динамики содержания йода, тиреоидных гормонов и тиреотропина в крови проводили у 25 клинически здоровых коров голштинизированной черно-пестрой породы. **Результаты исследований.** При определении белковосвязанного йода в крови у коров в стойловый период установлено снижение данного показателя в зимний период с увеличением концентрации к маю. Колебания концентрации йода в крови коров отражаются на функциональной активности щитовидной железы. Наименьшая концентрация гормонов щитовидной железы наблюдается в апреле с корреляционным повышением тиреотропного гормона. Снижение функциональной активности щитовидной железы происходит за счет более активной формы тиреоидных гормонов – трийодтиронина. Снижение активности щитовидной железы совпадает со случаями появления врожденного зоба у телят.

Ключевые слова: корова, йод, микроэлементы, гормоны, щитовидная железа, кровь

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Диагностика тиреоидного статуса коров в зоне йодного дефицита / А. Р. Шагеева, О. А. Грачева, Д. М. Мухутдинова, З. М. Зухрабова // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 1. С. 79–84. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-1-79-84>

DIAGNOSTICS OF THE THYROID STATUS OF COWS IN THE IODINE DEFICIENCY ZONE

A. R. Shageeva, O. A. Gracheva, D. M. Mukhutdinova, Z. M. Zukhrabova

Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, Kazan, Russian Federation

Abstract. Introduction. The dynamics of the functional activity of the thyroid gland in cows kept in the iodine-deficient territory of the Republic of Tatarstan has been studied. Iodine deficiency leads to various diseases of animals, to a deterioration in the quality of livestock products, causing significant damage to livestock. In the form of monomicroelementoses, these diseases in cows occur rarely and often with a hidden clinic, which makes it difficult to diagnose and develop preventive measures in a timely manner. Most often, various polymicroelementoses are registered in animals, which are characterized by an imbalance in the content of several trace elements. **Materials and methods.** To determine the thyroid status of cows, we conducted clinical and laboratory studies in a number of farms in the Arsky district of the Republic of Tatarstan. The study of the dynamics of the content of iodine, thyroid hormones and thyrotropin in the blood was carried out in 25 clinically healthy cows of Holstein black-and-white breed. **Research results.** When determining protein-bound iodine in the blood of cows during the stall period, a decrease in this indicator was found in winter with an increase in concentration by May. Fluctuations in the concentration of iodine in the blood of cows affect the functional activity of the thyroid gland. The lowest concentration of thyroid hormones is observed in the month of April with a correlative increase in thyroid-stimulating hormone. A decrease in the functional activity of the thyroid

gland occurs due to a more active form of thyroid hormones – triiodothyronine. A decrease in the activity of the thyroid gland coincides with cases of congenital goiter in calves.

Keywords: cow, iodine, trace elements, hormones, thyroid gland, blood

The authors declare no conflict of interest.

For citation: *Shageeva A. R., Gracheva O. A., Mukhutdinova D. M., Zukhrabova Z. M.* Diagnostics of the thyroid status of cows in the iodine deficiency zone. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 1, pp. 79–84 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-1-79-84>

Введение

Дисбаланс йода в системе «окружающая среда – животное – человек» является причиной заболеваний человека и животных [10]. Недостаточность йода регистрируется во многих регионах РФ, давно изучается в пределах Татарстана, однако ареал эндемичности охватывает все большие площади [9]. Наиболее остро эта проблема обозначена в северной части Республики Татарстан.

Млекопитающие могут адаптироваться к дефициту некоторых минеральных веществ, однако, если их содержание в кормах не удовлетворяет минимальные потребности, может нарушаться обмен веществ, снижаться их воспроизводительная способность [1; 3]. Кроме того, йодный дефицит приводит к заболеваниям животных, к ухудшению качества животноводческой продукции, нанося значительный ущерб животноводству. Несмотря на то, что эта проблема достаточно освещена в научных источниках, на многие вопросы нет однозначных ответов. С одной стороны, это может быть связано с разным сочетанием этиологических факторов в эндемических зонах. С другой – с изменением технологии растениеводства, что приводит к трансформации условий в биогеоценозах и как следствие – к возникновению новых болезней или проявлению известных болезней в иной форме. В типичной форме мономикрозлементозов данные заболевания у коров протекают редко, что затрудняет своевременную диагностику и разработку профилактических мероприятий. Наиболее часто у животных регистрируются различные полимикрозлементозы, которые характеризуются дефицитом содержания нескольких микроэлементов [2; 4]. Поскольку заболевания щитовидной железы у животных широко распространены, понимание механизмов, лежащих в основе колебаний уровня тиреотропного и гор-

монов щитовидной железы, имеет решающее значение.

Исходя из вышеизложенного, перед нами была поставлена задача – изучить колебания содержания йода и тиреоидных гормонов в крови коров в стойловый период.

Материалы и методы исследований

Для определения тиреоидного статуса коров нами были проведены клинические и лабораторные исследования в ряде хозяйств Арского района РТ.

Изучение динамики содержания йода, гормонов щитовидной железы и тиреотропина в крови проводили у 25 клинически здоровых коров голштинизированной черно-пестрой породы, для чего отбирали кровь из хвостовой вены в утренние часы до кормления.

Содержание белковосвязанного йода в сыворотке крови определяли по Ю. Н. Еремину, А. А. Хайкесу и А. А. Трубицину (1976).

Тиреотропный гормон (ТТГ) гипофиза и тиреоидные гормоны щитовидной железы в крови коров определяли радиоиммунологическим анализом.

В настоящее время измерение уровня ТТГ является наиболее чувствительным маркером для диагностики первичного гипотиреоза, при котором наблюдается увеличение секреции ТТГ и снижение концентрации тиреоидных гормонов. Использование моноклональных антител в иммунорадиометрическом двухсайтовом анализе повышает чувствительность метода, что позволяет провести более четкое разграничение между гипертиреозом и эутиреоидной популяцией с пониженным уровнем циркулирующего в крови ТТГ.

Принцип анализа: в наборе используются моноклональные антитела, специфичные к двум различным эпитопам молекулы ТТГ и не проявляющие

конкуренции. Иммуноанализ ТТГ относится к анализу типа «сэндвич». Образцы или стандарты инкубируются в пробирках с иммобилизованным первым моноклональным антителом в присутствии второго моноклонального антитела, меченного ¹²⁵J. После инкубации содержимое пробирок отсасывается и пробирки промываются для удаления не связавшегося ¹²⁵J меченного антитела. Связанная радиоактивность определяется затем в гамма-счетчике. Стандарты и образцы анализируются одновременно. Концентрация ТТГ определяется по калибровочной кривой. Концентрация ТТГ в образцах прямо пропорциональна измеренной радиоактивности.

Определение трийодтиронина. Трийодтиронин (Т₃) транспортируется в сыворотке крови в основном тироксин-связывающим глобулином (ТСГ) и около 99,5 % Т₃ циркулирует связанный с белком. Приблизительно 80 % Т₃ в сыворотке связано с ТСГ, 10 % – с альбумином. Биологически активной является свободная фракция гормона. Известно, что метаболическая активность Т₃ выше, чем Т₄, и он вносит существенный вклад в поддержание эутиреоидного статуса.

Определение тироксина. Тироксин – основной гормон щитовидной железы. Его в плазме крови, по различным данным, от 3–4 до 50 раз больше, чем трийодтиронина. Тироксин содержит около 90 % белковосвязанного йода. Только свободный тироксин биологически активен. Принцип анализа таков же, как в предыдущих случаях [5].

Полученные экспериментальные данные обрабатывались методом вариационной статистики, с использованием компьютерной программы «Biostat».

Результаты и обсуждение

Ранее проведенными исследованиями установлено наличие дефицита йода и некоторых микроэлементов в почвах и кормах исследуемых хозяйств, в частности меди, цинка и кобальта [7].

Учитывая многообразие функций этих микроэлементов, при полимикроэлементозах возникают совокупные нарушения работы органов и систем организма, что ведет к развитию полиморбидной патологии. На их фоне возможно возникновение нарушений роста и развития плодов, рождение неполноценного приплода и его высокая заболеваемость неонатальными патологиями [6; 8], что и отмечалось в исследуемых нами хозяйствах.

Появление врожденного зоба у телят в хозяйствах Арского района РТ имеет ярко выраженную сезонность, как правило, рождение больных телят приходится на вторую половину стойлового периода. Одним из факторов, способствующих этому, по-видимому, является плохая сохраняемость йода в кормах. Снижение концентрации йода наполовину происходит также и при заготовке сухих кормов. Эти потери усугубляются и при последующем хранении кормов. На основании изложенного нами было принято решение изучить содержание йода в крови и функциональную активность щитовидной железы у коров в стойловый период. Как видно из таблицы 1, средний уровень связанного с белком йода в сыворотке крови коров в октябре составила $6,11 \pm 1,12$ мкг/100 мл, что находится на нижней границе нормы. Однако необходимо учитывать, что колебания этого показателя у отдельных коров были значительными от 5,2 до 6,8 мкг/100 мл. По-видимому, этим объясняются случаи рождения телят с увеличенной щитовидной железой в осенний период.

Заметное снижение содержания связанного с белком йода в сыворотке крови коров отмечается в январе. В среднем этот показатель составил $3,92 \pm 1,09$ мкг/100 мл. Такое снижение концентрации белковосвязанного йода в крови связано со снижением содержания йода в кормах, а также с ухудшением усвояемости этого элемента в организме под влиянием различных факторов [11; 12].

Таблица 1 / Table 1

Колебания содержания йода в крови коров в течение стойлового периода /
Fluctuations in the iodine content in the blood of cows during the stall period

Сроки исследования / Terms of the study	Йод, мкг/100мл / Iodine, mcg/100ml
Октябрь	$6,11 \pm 1,12$
Январь	$3,92 \pm 1,09$
Март	$2,96 \pm 0,93$
Май	$4,56 \pm 1,99$

В марте концентрация связанного с белком йода в сыворотке крови коров была наименьшей и составляла $2,96 \pm 0,93$ мкг/100 мл ($P < 0,05$). У некоторых животных этот показатель снизился до $2,0$ мкг/100 мл, что, по-видимому, объясняет максимум рождаемости телят с признаками зоба в марте.

В мае обнаружено повышение содержания белково связанного йода в крови коров до $4,56 \pm 1,99$ мкг/100 мл с колебаниями от $2,8$ до $7,6$ мкг/100 мл.

Таким образом, как показали исследования, содержание связанного с белком йода в сыворотке крови у коров-матерей подвержено значительным

сезонным колебаниям и имеет достоверную корреляционную связь с рождаемостью телят с зобом. Изменения концентрации йода в крови коров влияют и на функциональную активность щитовидной железы, о чем свидетельствуют колебания в сыворотке крови коров уровней тироксина, трийодтиронина и тиреотропного гормона гипофиза. Как видно из таблицы 2, среднее содержание тироксина в крови коров в октябре составило $37,09 - 13,14$ нмоль/л, при колебаниях от $33,65$ до $45,91$ нмоль/л, что говорит об относительно высокой активности щитовидной железы. Однако уже в октябре встречались животные с низкой функциональной активностью щитовидной железы.

Таблица 2 / Table 2

Содержание гормонов в крови коров в течение стойлового периода /
The content of hormones in the blood of cows during the stall period

Гормоны / Hormones	Время исследования / Research time		
	Октябрь / October	Январь / January	Апрель / April
Тироксин, нмоль / л	$37,09 \pm 3,14$	$28,77 \pm 2,16$ <0,05	$16,91 \pm 3,58$ <0,01
Трийодтиронин, нмоль / л	$3,82 \pm 0,49$	$2,06 \pm 0,62$ <0,05	$1,02 \pm 0,51$ <0,01
Тиреотропин, мЕд/л	$1,8 \pm 0,39$	$2,18 \pm 0,27$	$2,36 \pm 0,33$

При исследовании крови коров в январе было установлено достоверное снижение содержания тироксина до $28,77 \pm 2,16$ нмоль/л ($p < 0,05$). В апреле положение еще более усугубилось, и содержание Т4 составило всего $16,91 \pm 3,58$ нмоль/л ($P < 0,01$). Идентичная тенденция наблюдалась и в отношении трийодтиронина. Содержание этого гормона в сыворотке крови коров снизилось от $3,82 \pm 0,49$ в октябре до $2,06 \pm 0,62$ нмоль/л в январе ($p < 0,05$). В апреле концентрация Т3 составила $1,02 \pm 0,51$ нмоль/л, что говорит о существенном снижении функциональной активности щитовидной железы к концу стойлового периода.

Проведенные исследования показали, что снижение функциональной активности щитовидной железы происходит за счет более активной формы тиреоидных гормонов – трийодтиронина. Так, соотношение Т4:Т3 в октябре составило 9,7:1, в январе – 13,97:1 и в апреле – 16,58:1. Изменения в сторону снижения концентраций тиреоидных гормонов можно объяснить одной из функций их в поддержании энергетического обмена тканей и органов животного, закономерно,

что в более холодный период расход на энергозатраты возрастает.

Синтез тиреоидных гормонов регулируется механизмами обратной связи, опосредованными осью гипоталамус – гипофиз – щитовидная железа. Снижение уровня гормонов щитовидной железы приводит к увеличению продукции гипоталамического тиреотропин-рилизинг-гормона, который увеличивает секрецию тиреотропного гормона из передней доли гипофиза, что в свою очередь стимулирует выработку тиреоидных гормонов тироцитами. Как видно из таблицы 2, содержание тиреотропного гормона в сыворотке крови коров по сезонам изменялось обратно пропорционально уровню гормонов щитовидной железы. В октябре средняя концентрация тиреотропина составила $1,8 \pm 0,39$ мЕд/л, а в январе этот показатель увеличился до $2,36 \pm 0,27$ мЕд/л. К концу стойлового периода это увеличение было еще более выраженным – $2,36 \pm 0,33$ мЕд/л.

Заключение

Таким образом, колебания гормонов щитовидной железы и тиреотропина свидетельствуют

о развитии у коров первичного гипотиреоза, обусловленного понижением активности щитовидной железы на фоне недостатка йода и других микроэлементов.

1. Байматов В. И., Исмагилова Э. Р. Коррекция неспецифической резистентности организма коров в зоне с недостатком йода // Ветеринария. 2000. № 10. С. 38–41.
2. Дронов В. В., Сноз Г. В. Способ диагностики недостаточности меди, цинка и йода в организме крупного рогатого скота поклинической манифестации // Российский ветеринарный журнал. 2017. № 9. С. 16–24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-diaagnostiki-nedostatochnosti-medi-yoda-i-tsinka-v-organizme-krupnogo-rogatogo-skota-po-klinicheskoy-manifestatsii> (дата обращения: 12.12.2022).
3. Егунова А. В. Эффективность йодсодержащих препаратов при акушерско-гинекологической патологии // Ветеринария. 2002. № 8. С. 33–35.
4. Зухрабов М. Г., Грачева О. А., Зухрабова З. М., Байтеряков Д. Ш. Мониторинг состояния обменных процессов и патологии органов репродуктивной системы коров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2017. Т. 231. № 3. С. 76–80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-sostoyaniya-obmennyh-protsessov-i-patologii-organov-reproduktivnoy-sistemy-korov> (дата обращения: 09.12.2022).
5. Курбанов Р. З. Клиническая картина врожденного зоба у телят/ Курбанов Р. З., Ахметзянова А. Р., Мингазов В. В. // Профилактика нарушений обмена веществ и незаразных болезней молодняка с.-х. животных: материалы научно методической конференции, Казань, 1998. С. 33.
6. Кучинский М. Болезни обмена веществ у сельскохозяйственных животных и их профилактика // Наука и инновации. 2014. № 138. С. 15–20. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bolezni-obmena-veschestv-u-selskoxozyaystvennyh-zhivotnyh-i-ih-profilaktika> (дата обращения: 11.12.2022).
7. Мингазов В. В. Влияние микроэлементов на биохимические показатели коров / Мингазов В. В., Ахметзянова А. Р., Елдашев А. В. // Материалы Республиканской научно-практической конференции по актуальным проблемам ветеринарии и зоотехнии, Казань, 1996. С. 226.
8. Autoimmune THYROIDITIS with systemic idiopathic fibrosis in horses / Smolentsev S. Yu., Gasanov A. S., Zukhrabov M. G. [et al.] // IOP Conference Series Earth and Environmental Science: III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd (Krasnoyarsk, June 18–20, 2020) / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Volgograd, Krasnoyarsk : Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020, p. 72004. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072004>
9. Glinoe D. Maternal and fetal impact of chronic iodine deficiency // Clin. Obstet. Gynecol. 1997. Vol. 40. Pp. 102–116.
10. Cardoso L. F., Maciel L. M., Paula F. J. The multiple effects of thyroid disorders on bone and mineral metabolism // Arg. Bras. Endocrinol. Metabol. 2014. No. 58 (5). Pp. 452–462. DOI: <https://doi.org/10.1590/0004-2730000003311>
11. Trumbo P. R. FDA Regulations Regarding Iodine Addition to Foods and Labeling of Foods Containing Added Iodine. Am. J. Clin. Nutr. 2016. Vol. 104. No. 3. Pp. 864S–867. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.110338>
12. Feedap Panel, Efsa Opinion of the Scientific Panel on additives and product or substances used in animal feed on the request from the Commission on the use of iodine in feedingstuffs // The European Food Safety Authority Journal. 2005. P. 168.

Статья поступила в редакцию 29.12.2022 г.; одобрена после рецензирования 08.02. 2023 г.; принята к публикации 21.02.2023 г.

Об авторах

Шагеева Альфия Рашитовна

кандидат ветеринарных наук, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9054-6960>, shageeva_1970@mail.ru

Грачева Ольга Анатольевна

кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующая кафедрой терапии, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана (420029 Российская Федерация, г. Казань, Сибирский Тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6075-1127>, gracheva-oa@mail.ru

Мухутдинова Дина Мингалиевна

кандидат ветеринарных наук, Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана, (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7443-8652>, dinavet23@mail.ru

Зухрабова Зульфия Мирзабековна

кандидат ветеринарных наук, Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана, (420029, Российская Федерация, г. Казань, Сибирский тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1414-6073>, zukhrabova.zulfia@yandex.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Baymatov V. I., Ismagilova E. R. Korrektsiya nespetsificheskoi rezistentnosti organizma korov v zone s nedostatkom ioda [Correction of nonspecific resistance of cows in the area with iodine deficiency]. *Veterinariya* = Veterinary Medicine, 2000, no. 10, pp. 38–41. (In Russ.).
2. Dronov V. V., Snoz G. V. Spособ diagnostiki nedostatochnosti medi, tsinka i ioda v organizme krupnogo rogatogo skota po klinicheskoi manifestatsii [Method for diagnosing the deficiency of copper, zinc and iodine in cattle body by clinical manifestation]. *Rossiiskii veterinarnyi zhurnal* = Russian Veterinary Journal, 2017, No. 9, pp. 16–24. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/spособ-diagnostiki-nedostatochnosti-medi-yoda-i-tsinka-v-organizme-krupnogo-rogatogo-skota-po-klinicheskoy-manifestatsii> (accessed 12.12.2022). (In Russ.).
3. Egunova A. V. Effektivnost' iodsoderzhashchikh preparatov pri akushersko-ginekologicheskoi patologii [The effectiveness of iodine-containing drugs in obstetric and gynecological pathology]. *Veterinariya* = Veterinary Medicine, 2002, no. 8, pp. 33–35. (In Russ.).
4. Zukhrabov M. G., Gracheva O. A., Zukhrabova Z. M., Baiteryakov D. Sh. Monitoring sostoyaniya obmennykh protsessov i patologii organov reproduktivnoi sistemy korov [Monitoring of metabolic processes and pathology of reproductive organs of cows]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana* = Scientific Notes of Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine, 2017, vol. 231, no. 3, pp. 76–80. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/monitoring-sostoyaniya-obmennykh-protsessov-i-patologii-organov-reproduktivnoy-sistemy-korov> (accessed 09.12.2022). (In Russ.).
5. Kurbanov R. Z., Akhmetzyanova A. R., Mingazov V. V. Klinicheskaya kartina vrozhdenno zoba u telyat [Clinical picture of congenital goiter in calves]. *Profilaktika narushenii obmena veshchestv i nezaraznykh boleznei molodnyaka s.-kh. zhivotnykh: materialy nauchno-metodicheskoi konferentsii* = Prevention of metabolic disorders and non-infectious diseases of young farm animals: Materials of the scientific and methodological conference, Kazan, 1998, p. 33. (In Russ.).
6. Kuchinsky M. Bolezni obmena veshchestv u sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ikh profilaktika [Metabolic diseases of the agricultural animals and their prevention]. *Nauka i innovatsii* = The Science and Innovations, 2014, no. 138, pp. 15–20. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/bolezni-obmena-veschestv-u-selskokhozyaystvennykh-zhivotnykh-i-ih-profilaktika> (accessed 11.12.2022). (In Russ.).
7. Mingazov V. V., Akhmetzyanova A. R., Eldashev A. B. Vliyanie mikroelementov na biokhimicheskie pokazateli korov [The influence of trace elements on the biochemical parameters of cows]. *Materialy Respublikanskoj nauchno-prakticheskoi konferentsii po aktual'nyim problemam veterinarii i zootekhnii* = Materials of the Republican scientific practical conference on topical issues of Veterinary and Animal Science, Kazan, 1996, p. 226. (In Russ.).
8. Smolentsev S. Yu., Gasanov A. S., Zukhrabov M. G. et al. Autoimmune thyroiditis with systemic idiopathic fibrosis in horses. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International scientific conference "AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies"* (Volgograd, Krasnoyarsk, June, 18–20, 2020), Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations, Volgograd, Krasnoyarsk, Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020, vol. 548, p. 72004. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072004>
9. Glinoe D. Maternal and fetal impact of chronic iodine deficiency. *Clin. Obstet. Gynecol.*, 1997, vol. 40, p. 102116. (In Eng.).
10. Cardoso L. F., Maciel L. M., Paula F. J. The multiple effects of thyroid disorders on bone and mineral metabolism. *Arg. Bras. Endocrinol. Metabol.*, 2014, no. 58 (5), pp. 452–462. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1590/0004-2730000003311>
11. Trumbo P. R. FDA regulations regarding iodine addition to foods and labeling of foods containing added iodine. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2016, vol. 104, no. 3, pp. 864S–867. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.110338>
12. Feedap Panel, Efsa Opinion of the scientific panel on additives and product or substances used in animal feed on the request from the Commission on the use of iodine in feedingstuffs. *The European Food Safety Authority Journal*, 2005, p. 168.

The article was submitted 29.12.2022; approved after reviewing 02.02.2023; accepted for publication 21.02.2023.

About the authors

Alfiya R. Shageeva

Ph. D. (Veterinary), Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St., Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9054-6960>, shageeva_1970@mail.ru

Olga A. Gracheva

Ph. D. (Veterinary), Associate Professor, Head of the Department of Therapy, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St., Kazan 420029 Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6075-1127>, gracheva-oa@mail.ru

Dina M. Mukhutdinova

Ph. D. (Veterinary), Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St., Kazan 420029 Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7443-8652>, dinavet23@mail.ru

Zulfiya M. Zukhrabova

Ph. D. (Veterinary), Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St., Kazan 420029 Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1414-6073>, zukhrabova.zulfiya@yandex.ru

All authors have read and approved the final manuscript.