

УДК 57.014

DOI 10.25587/2222-5404-2023-20-4-14-22

Содержание йода в компонентах экосистем Якутии

Н. Н. Сазонов, С. С. Кузьмина ✉

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К.Аммосова, г. Якутск, Россия

✉ sskuzmina@bk.ru

Аннотация. Проблема дефицита йода в экосистемах Якутии оказывает серьезное воздействие на здоровье людей и животных, влияя на жизненно важные процессы и причиняя ущерб сельскому хозяйству. Целью данного исследования является изучение процессов круговорота йода в различных компонентах экосистемы, включая воздух, почву, воду, растения и животных. Исследование в данном направлении становится более актуальным с учетом распространенности проблемы дефицита йода, оказывающей воздействие как на здоровье местного населения, так и на производственную деятельность в сельском хозяйстве. Для глубокого понимания круговорота йода в экосистемах Якутии исследование проведено в различных биогеохимических провинциях, выделенных на основе ландшафтных и почвенных критериев. Лабораторные методы биохимического анализа включали кинетический роданидно-нитритный метод, титриметрический метод и реакцию окисления роданид-иона. Изучение содержания йода в исследуемых компонентах экосистем Якутии выявило значительные различия в его концентрации в различных видах воды и почв в зависимости от биогеохимических характеристик провинций. Пастбищные растения Центрально-Якутской провинции по сравнению с Колымской провинцией демонстрировали значительно низкое содержание йода, не удовлетворяющее потребности местного скота. Это представляет потенциальную проблему для животноводства и связано с общими трендами концентрации йода в почвах данной провинции. В целом эти результаты подчеркивают важность понимания биогеохимических особенностей экосистем для разработки эффективных стратегий управления содержанием йода с целью обеспечения здоровья человека и животных в Якутии.

Ключевые слова: йодный статус, биогеохимические провинции, содержание йода, роданидно-нитритный метод определения йода, почва, воздух, вода, пастбищная растительность, кормовые растения, крупный рогатый скот.

Для цитирования: Сазонов Н. Н., Кузьмина С. С. Содержание йода в компонентах экосистем Якутии. Вестник СВФУ. 2023, Т. 20, №4. С. 14–22. DOI: 10.25587/2222-5404-2023-20-4-14-22

Iodine content in components of ecosystems of Yakutia

N. N. Sazonov, S. S. Kuzmina ✉

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

✉ sskuzmina@bk.ru

Abstract. The problem of iodine deficiency in the ecosystems of Yakutia has a serious impact on human and animal health, affects vital processes and causes damage to agriculture, which requires systematic study. The aim of this study is to investigate the processes of iodine cycling in various components of the ecosystem, including air, soil, water, plants and animals. Research in this direction is becoming increasingly important in view of the widespread problem of iodine deficiency, which affects both the health of the local population and production activities in agriculture. In order to gain an in-deep understanding of the iodine cycle in the ecosystems of Yakutia, the study was conducted in various biogeochemical provinces identified on the basis of landscape and soil criteria. Laboratory methods of biochemical analysis included the kinetic rhodanide-nitrite method, the titrimetric method and the oxidation reaction of the rhodanide ion. The study of the iodine content in the studied components of the ecosystems of Yakutia revealed significant differences in its concentration in various types of water and soils, depending on the biogeochemical

© Сазонов Н. Н., Кузьмина С. С., 2023

characteristics of the provinces. Pasture plants in the Central Yakutia province had a significantly low iodine content than in the Kolyma province, which does not meet the needs of local livestock. This is a potential problem for livestock production and is related to the general trends in iodine concentration in the soils of this province. In general, these results highlight the importance of understanding the biogeochemical characteristics of ecosystems in order to develop effective strategies for managing iodine content in order to ensure human and animal health in Yakutia.

Keywords: iodine status, biogeochemical provinces, iodine content, rhodanide-nitrite method of iodine determination, soil, air, water, pasture vegetation, forage plants, cattle.

For citation: Sazonov N. N., Kuzmina S. S. Iodine content in components of ecosystems of Yakutia. Vestnik of NEFU. 2023, Vol. 20, No. 4. Pp. 14–22. DOI: 10.25587/2222-5404-2023-20-4-14-22

Введение

Йод представляет интерес с биологической точки зрения как активная часть тиреоидных гормонов щитовидной железы человека и животных, которые участвуют во всех процессах обмена веществ. В последнее время стала известна роль щитовидной железы в адаптации человека к экстремальным условиям Севера. Основной метаболизм людей, живущих в экстремальных условиях Севера, имеет более высокую скорость, чем средние значения основного метаболизма человека [1]. Эти метаболические особенности связаны, в частности, с более активной продукцией гормонов трийодтиронина (Т3) и тироксина (Т4) в процессе адаптации к воздействию хронического холодового стресса [2]. Для выработки этих гормонов требуется достаточное количество йода. Поступление йода в организм происходит за счет потребляемой пищи и воды. Известно, что в целом в России потребление йода населением меньше рекомендуемой ВОЗ нормы (130–150 мкг в сутки) и составляет в среднем 40–80 мкг в день [3]. Влияние на йодный статус человека геохимических условий местности его проживания является установленным фактом. Поэтому проблема дефицита йода требует постоянного внимания к территориям с естественным дефицитом микроэлементов. В условиях Якутии обнаружены очаги зобной эндемии [4]. Эта болезнь встречается у людей и приносит также ущерб животноводству, которое является ведущей отраслью сельского хозяйства республики. В районах йодной недостаточности наблюдается снижение продуктивности крупного рогатого скота.

В связи с этим представляет интерес содержание йода во всех компонентах, составляющих сложные цепи в экосистеме: вода – почвы – растения – животные – человек. В данной работе нами показаны некоторые особенности круговорота йода в компонентах биосферы Якутии в пределах различных территорий, отличающихся в физико-географическом отношении и характеризующихся неодинаковым содержанием йода. Целью данного исследования было раскрытие особенностей присутствия и распределения йода в различных компонентах экосистемы Якутии. Акцент сделан на биогеохимических провинциях, различиях их ландшафтных и почвенных параметров, что позволяет более полно понять динамику элемента в природной среде.

Объекты и методы исследования

Экосистемы Якутии разделены на пять биогеохимических провинций на основе различий их ландшафтных критериев и почвенных критериев: Колымская, Верхоянская, Центрально-Якутская, Приалданская, Северо-Прибайкальская [5]. Материалы для анализа были собраны в маршрутных поездках с 1980 по 2015 гг. на территориях всех пяти провинций. Были проведены лабораторная обработка собранных материалов и биохимический анализ в воздухе, почве, воде, тканях отдельных видов растений, укосах естественных пастбищных трав, тканях животных.

Содержание йода в воздухе определяли по Драгомировой [6]. Йод в почвах, растениях и тканях животных определяли кинетическим роданидно-нитритным методом, в основе которого лежит реакция окисления роданид-иона смесью нитрат- и нитрит-ионов [7]. Содержание йода в воде и молоке измеряли титриметрическим методом. В качестве титранта использовали тиосульфат натрия в присутствии крахмала в качестве индикатора [8]. Описательная статистика была рассчитана с использованием статистического программного обеспечения MS Excel.

Результаты и обсуждение

Йод в воздухе, атмосферных осадках и в природных водах

Как известно, основным резервуаром йода служит океан, откуда ветры с осадками переносят его на континенты. Поэтому удаленность от морей и отгороженность местности горами от морских ветров приводят к обедненности йодом этой территории. Содержание йода в почве и растениях в значительной степени зависит от концентрации этого элемента в воздухе, т. к. атмосфера и атмосферные осадки являются основным источником поступления йода. Содержание йода в воздухе в Колымской низменности было в среднем в 2,5 раза выше по сравнению с показателями Центральной Якутии (табл. 1), по-видимому, за счет основного источника йода этого региона – Северного Ледовитого океана. Дождевая вода в этих провинциях также отличается по содержанию йода более, чем в 2 раза. В связи с этим при почти равных уровнях осадков наблюдаются существенные различия в привносе йода атмосферными осадками на единицу площади Колымской и Центрально-Якутской провинций.

Таблица 1

Содержание йода в воздухе и природных водах Якутии

Table 1

Iodine content in the air and nature water of Yakutia

Объект	Биогеохимические провинции Якутии	
	Центрально-Якутская	Колымская
Воздух, мкг/м ³	1,47±0,07	3,89±0,27
Привнос йода с осадками, г/га	0,32±0,02	0,66±0,04
Дождевая вода, мкг/л	1,92±0,17	4,34±0,31
Снеговая вода, мкг/л	1,08±0,08	2,23±0,12

Концентрация йода в воздухе над Якутией носит сезонный характер. Максимальное содержание йода отмечается в летних пробах воздуха, минимальное – в весенних. Это, вероятно, объясняется более интенсивным испарением воды летом с поверхности озер, рек и почвы. С парами воды йод улетучивается в свободном виде. Этот процесс усиливается под влиянием ультрафиолетового излучения солнца [5].

Таблица 2

Содержание йода в воде различного происхождения Центральной Якутии (мкг/л)

Table 2

Iodine content in water from different sources of Central Yakutia ($\mu\text{g/litre}$)

Источники воды	n	M \pm m	Min.-Max.
Речная	12	1,84	1,47-2,24
Озерная	25	2,38	1,64-3,45
Подмерзлотная	6	8,58	4,27-11,93
Дождевая	8	1,92	1,15-2,56
Снеговая	5	1,08	0,43-1,68

Наименьшее количество йода содержится в ледовой и снеговой воде, несколько повышенное (почти в 2 раза) – в дождевой и речной водах и максимальное – в подмерзлотных водах (8,58 мкг/л). Низкое количество йода в снеговой воде может быть объяснено слабым круговоротом йода между поверхностью земли и граничащими с ней частями атмосферы. При повышенной температуре, например, летом, с поверхности почвы йод переходит в воздух, тем самым увеличивается концентрация его в дождевых водах. С наступлением низких температур этот процесс естественно снижается. Вода для питья в городе Якутске поступает из реки Лены по водозаборным и водоочистным сооружениям. В питьевой воде г. Якутска содержание йода ниже нормы, так как значительная часть йода улавливается на очистительных фильтрах, а также утрачивается в процессе хлорирования. При кипячении происходит потеря йода на 15,4–41,3% от исходного [9].

Йод в почвообразующих породах и почвах

Принято считать, что родоначальниками рыхлых почвообразующих отложений являются плотные горные породы. Рыхлый материал, выступающий в качестве почвообразующих пород, может быть наследован от прошлых геологических эпох, привнесен в результате широкомасштабных эоловых процессов современными водными потоками. Поэтому химический состав почвообразующих пород локальных территорий не всегда соответствует таковому современных горных пород, выступающих на поверхность. Основными почвообразующими породами на исследованной территории являются суглинки и глины различного механического состава, а также аллювиальные пески, подстилаемые галечником на затопляемых пойменных террасах. Пески и супеси содержат вдвое меньше йода (табл. 3).

Таблица 3

Содержание йода в почвообразующих породах и в гумусовом горизонте (мг/кг) биогеохимических провинций Якутии

Table 3

Iodine content in soil-forming rocks and humus horizon (mg/kg) of biogeochemical provinces of Yakutia

Почва	Колымская	Верхоянская	Центрально-Якутская	Приалданская	Северо-Прибайкальская
Глины, суглинки	1,96 \pm 0,17	1,27 \pm 0,12	1,08 \pm 0,09	0,87 \pm 0,08	0,93 \pm 0,09
Пески, супеси	0,82 \pm 0,08	0,57 \pm 0,05	0,48 \pm 0,03	0,52 \pm 0,05	0,45 \pm 0,04
Гумусовый горизонт	9,63 \pm 0,63	6,78 \pm 0,48	2,57 \pm 0,37	2,85 \pm 0,41	2,63 \pm 0,35

В распространении йода в почвенном покрове определенное значение имеет рельеф местности. Наблюдения показали, что горные местности, как правило, находятся в условиях недостаточного содержания йода в связи процессами разрушения и выветривания. Высокоширотные положения Центрально-Якутской, Приалданской и Северо-Прибайкальской провинций, отдаленность и изолированность их горными поднятиями от океанических воздушных масс создают своеобразные условия йодной недостаточности в почвах.

По данным базы данных о содержании йода в почвах по всему миру, составленной на основе скрининговых данных 2151 процитированного результата для почв, средний показатель в почвах составляет 5,1 мкг/г [10]. Самые высокие уровни йода в почвах отмечаются в прибрежной зоне (0–50 км), а самые низкие значения регистрируются в континентальных недрах. Это говорит о том, что механизм прямого осаждения из атмосферы (как влажного, так и сухого осаждения) наиболее значим в прибрежной зоне, и далее вглубь страны работают другие механизмы, такие как испарение из системы почва–растение должно стать более важным. Неконсолидированные и текстурно грубые исходные материалы, по-видимому, производят почвы с низким содержанием йода, как и метаморфические коренные породы [10]. Представленные нами результаты исследования согласуются с этим заключением. Учитывая содержание йода во всех почвообразующих породах был определен порядок содержания йода в почве в провинциях Якутии: Колымская > Верхоянская > Приалданская > Центрально-Якутская > Северо-Прибайкальская.

Йод в кормовых растениях

Результаты анализов показали довольно широкий предел колебаний йода в кормовых растениях Якутии (от 0,035 до 1,274 мг/кг). Сводные данные по содержанию йода у отдельных групп пастбищных растений по двум отдаленным друг от друга провинциям представлены в табл. 4. Растения господствующих систематических групп луговых фитоценозов Колымской провинции обогащены йодом. Основными факторами, способствующими сравнительно высокому накоплению йода в растениях данной провинции, являются близость к морю, малая высота над уровнем моря, гидролитические и почвенные условия, создающие сильную восстановительную геохимическую среду.

Таблица 4

Среднее содержание йода в основных группах пастбищных растений в разных биогеохимических провинциях Якутии (в мг/кг абс. сухого веса)

Table 4

Average iodine content of the main groups of pasture plants in different biochemical provinces of Yakutia (in mg/kg abs. dry weight)

Группы растений	Колымская		Центрально-Якутская	
	M±m	Min.-Max.	M±m	Min.-Max.
Gramineae (Злаковые)	0,52 ± 0,06	0,10 — 1,27	0,23 ± 0,04	0,14 — 0,45
Fabaceae (Бобовые)	0,70 ± 0,08	0,40 — 1,05	0,21 ± 0,03	0,1 — 0,38
Equisetophytina (Хвощовые)	0,78 ± 0,08	0,66 — 0,95	0,22 ± 0,01	0,14 — 0,73
Разнотравье	0,40 ± 0,04	0,11 — 0,80	0,21 ± 0,05	0,08 — 0,73

В пастбищных растениях Центрально-Якутской провинции содержание йода почти в 2–3 раза ниже, чем в растениях Колымской провинции, и не обеспечивает потребности местного скота в этом микроэлементе. Как известно, оптимальное содержание йода в кормовых растениях для достаточного обеспечения нормального йодного питания животных составляет 0,3 мг на 1 кг сухого вещества [11].

По накоплению йода в надземной части разные виды растений, принадлежащие к одному и тому же семейству, при одной и той же фазе развития и при сходных экологических условиях не идентичны. Такие же различия в содержании йода отчетливо выступают и при сравнении данных по отдельным семействам растений (табл. 5), произрастающих в Центрально-Якутской провинции.

Таблица 5

Среднее содержание йода в растениях различных семейств, произрастающих в Центрально-Якутской провинции (в мг/кг абс. сухого веса)

Table 5

Average iodine content in plants of different families growing in the Central Yakutia province (in mg/kg abs. dry weight)

Семейство	M±m	Min.-Max.
Asteraceae (Сложноцветные)	0,423 ± 0,074	0,185 — 0,807
Fabaceae (Бобовые)	0,213 ± 0,035	0,1 — 0,38
Onagraceae (Кипрейные)	0,083 ± 0,007	0,038 — 0,206
Rosaceae (Розоцветные)	0,237 ± 0,015	0,096 — 0,452
Ranunculaceae (Лютиковые)	0,175 ± 0,032	0,093 — 0,249
Scrophulariaceae (Норичниковые)	0,192 ± 0,011	0,063 — 0,350
Rubiaceae (Мареновые)	0,160 ± 0,013	0,071 — 0,237
Linaceae (Льновые)	0,128 ± 0,010	0,058 — 0,203
Polygonaceae (Гречишные)	0,218 ± 0,025	0,085 — 0,387

Как видно из табл. 5, наибольшее содержание йода отмечено у сложноцветных, а наименьшее – у кипрейных. Большинство исследователей [12, 13] отмечает, что бобовые обладают повышенной способностью к аккумуляции йода. Между тем, из данных табл. 5 видно, что доминантное содержание йода у бобовых растений не подтверждается.

Йод в организме крупного рогатого скота

Йододефицит ведет к яловости, снижению удоев и жира в молоке, замедлению роста и развития. При диагностике эндемического увеличения щитовидной железы Л. Г. Замарин предложил пользоваться не абсолютной, а относительной ее массой (количеством граммов щитовидной железы, приходящимся на 100 кг живой массы животного). Нормальной у крупного скота является относительная масса щитовидной железы не более 5,2 г. [14]. В ранних работах автора [9] была показана значительная разница в размерах щитовидной железы у коров из разных биогеохимических провинций: в среднем 7,8±1,2 в Центрально-Якутской и 4,2±0,2 г – в Колымской, где отсутствует эндемический зоб. При этом концентрация йода в щитовидной железе первой провинции была в среднем 49,3±3,5 мг % на сырой вес, а в Колымской – 72,6±5,2 мг %.

Пространственное варьирование обеспеченности йодом местных пищевых цепей можно оценить по содержанию этого микроэлемента в молоке. Так как в организм животных йод поступает с пищей и водой, его основным источником для крупного рогатого скота в

Якутии является пастбищная растительность. Есть данные, что содержание йода в молоке находится в прямой зависимости от его поступления в состав кормовых растений, т. е. выявлен высокий коэффициент корреляции между содержанием йода в молоке и укосах трав ($r = 0,62$), и значимый – в почвах пастбищ ($r = 0,25$) [13]. Наши результаты также согласуются с этими данными: в молоке коров в условиях Центрально-Якутской провинции содержание йода составило $16,8 \pm 2,3$ мкг/л, а в Колымской провинции – $24,7 \pm 3,8$ мкг/л.

Заключение

Таким образом, подчеркивая важность содержания йода в различных компонентах экосистемы, можно отметить, что продукты питания, входящие в трофическую цепь, представляют собой основной источник этого микроэлемента для организма человека. Такая трофическая цепь, начиная с почвы и охватывая растения и животных, является замкнутой системой, в которой уровень йода в каждом звене может оказать влияние на конечного потребителя. Следует отметить, что, несмотря на меньшую степень вклада, вода и атмосфера также служат источниками йода для организма человека. Это особенно актуально в регионах, где уровень йода в почвах и растительности может быть недостаточным.

Утверждение о зависимости распространенности эндемического зоба от уровня содержания йода в экосистеме подтверждается результатами исследований, включая работы Н. Н. Сазонова [9]: чем богаче почва йодом, тем в меньшей степени эндемический зоб распространен среди населения, что подтверждается наличием выраженной обратной зависимости между содержанием йода в почве и заболеваемостью населения эндемическим зобом в Якутии ($r = - 0,85$). Такой геохимический подход к изучению взаимосвязей между составом почв, растительности и заболеваниями может предоставить важные данные для разработки превентивных мер и стратегий по борьбе с эндемическим зобом. Проанализированные данные указывают на различия в содержании йода между провинциями Якутии, где Колымская провинция имеет более высокий уровень по сравнению с другими. По данным сравнения с мировой базой, уровень йода в почвах Якутии соответствует общемировым тенденциям, где прибрежные зоны имеют более высокое содержание, а континентальные недра – более низкое. Показанные в данной работе различия по содержанию йода в почве между провинциями подчеркивают необходимость индивидуальных подходов к решению проблемы дефицита йода. Улучшение качества кормов и регулирование йодного питания скота могут сыграть ключевую роль в повышении уровня йодной обеспеченности у местного населения.

Итак, взаимодействие между экосистемой и здоровьем человека в контексте содержания йода подчеркивает сложность биогеохимических процессов и их влияние на общественное здоровье. Это также подчеркивает необходимость системного подхода к изучению экологических факторов, воздействующих на заболевания, связанные с дефицитом йода, в уникальных географических регионах, таких как Якутия.

Л и т е р а т у р а

1. Cepen N. J., Snodgrass J. J., Leonard W. R., Tarskaya L. A., Klimova T. M., Fedorova V. I., Baltakhinova M. E. & Krivoshapkin V. G. (2011) Adaptation, Social Change, and the Development of Autoimmune Thyroid Disorders Among the Yakut (Sakha) of Siberia. *American Journal of Human Biology*, 23, 703–709.
2. Leonard W. R., Snodgrass J. J. & Sorensen M. V. (2005). Metabolic adaptation in indigenous Siberian populations. *Annual Review of Anthropology*, 34, 451–471.
3. Герасимов, Г. А. Йоддефицитные заболевания в России : Простое решение сложной проблемы / Г. А. Герасимов, В. В. Фадеев, Н. Ю. Свириденко. – Москва : Адамант, 2002. – 168 с.
4. Кику, П. Ф. Проблемы йоддефицитных заболеваний у населения дальневосточного региона (аналитический обзор) / П.Ф. Кику, Л. Н. Нагирная // Дальневосточный медицинский журнал – 2011. – № 2. – С. 110–115
5. Саввинов, Д. Д. Микроэлементы в северных экосистемах : на примере Республики Саха (Якутия) / Д. Д. Саввинов, Н. Н. Сазонов. – Новосибирск : Наука, 2006. – 208 с.

6. Драгомирова, М. А. Определение малых количеств йода биологических объектах : Методы определения микроэлементов.– Москва : Издательство АН СССР, 1950. – С. 144–149.
7. Проскурякова, Г. В. Определение содержания йода в пищевых продуктах нитритно-роданидным методом / Г. В. Проскурякова, Ю. Н. Еремин // Вопросы питания. – 1982. – № 1. – С. 59–61.
8. Association of Official Analytical Chemists. (1995). Official Method 920-158. (pp. 6-8). Arlington: Ed. Sidney Williams
9. Сазонов, Н. Н. Йодная недостаточность в Якутии // Якутский медицинский журнал. – 2003. – № 4. – С. 14–18.
10. Johnson, C. C. 2003 *Database of the iodine content of soils populated with data from published literature*. Nottingham, UK, British Geological Survey, 40pp.
11. Кокорев, В. А. Оптимизация микроминерального питания сельскохозяйственных животных / В. А. Кокорев, А. М. Гурьянов, Н. И. Гибалкина // Зоотехния. – 2004. – № 7. – С. 12–16.
12. Березкин, В. Ю. Анализ содержания йода в почвах пастбищ и пастбищной растительности Брянской области // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Вып. 14. : Сборник научных трудов. – Москва : Издательство РУДН, 2013. – С. 150–154.
13. Изучение распределения йода в почвах и луговой растительности геохимически контрастных ландшафтов в связи с оценкой йодного статуса Брянской области / Е. М. Коробова, В. Ю. Березкин, Л. И. Колмыкова, Н. В. Корсакова // Вестник РУДН. Серия : Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 4. – С. 60–66.
14. Базарова, Д. Ц. Морфология щитовидной железы крупного рогатого скота при йодной недостаточности : специальность 16.00.02 «Патология, онкология и морфология животных» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Базарова Дарима Цырендоржиевна. – Улан-Удэ. – 2007. – 20 с.

References

1. Cepon, N.J., Snodgrass, J.J., Leonard, W.R., Tarskaya, L.A., Klimova, T.M., Fedorova, V.I., Baltakhinova, M.E., and Krivoshekin, V.G. (2011). Adaptation, Social Change, and the Development of Autoimmune Thyroid Disorders Among the Yakut (Sakha) of Siberia. *American Journal of Human Biology*, 23, 703–709.
2. Leonard, W.R., Snodgrass, J.J. and Sorensen, M.V. (2005). *Metabolic adaptation in indigenous Siberian populations*. Annual Review of Anthropology, 34, 451–471.
3. Gerasimov, G.A. (2002). *Iodine deficiency diseases in Russia. A simple solution to a complex problem*. – Moscow: Adamant, 168 p.
4. Kiku, P.F. (2011). Problems of iodine deficiency diseases in the population of the Far Eastern region (analytical review). *Far-Eastern Medical Journal*, 2, pp. 110–115.
5. Savvinov, D.D. (2006). *Microelements in northern ecosystem: on the example of the Republic of Sakha (Yakutia)*. Novosibirsk: Nauka, 208 p.
6. Dragomirova, M.A. (1950). *Determination of small amounts of iodine in biological objects: methods of determination of trace elements*. Moscow: USSR Academy of Sciences Publishing House, pp.144–149.
7. Proskuryakova, G.V. (1982). *Determination of iodine content in food products by the nitrite-rhodanide method*. Voprosy pitaniya, 2, pp. 59–61.
8. Williams, S. (1995). *Official method of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, pp. 6–8.
9. Sazonov N.N. (2003). Iodine deficiency in Yakutia. *Yakut Medical Journal*, 4, pp. 14–18.
10. Johnson, C.C. (2003). *Database of the iodine content of soils populated with data from published literature*. Nottingham: British Geological Survey, 40 p.
11. Kokorev, V.A. (2004). Optimisation of micromineral nutrition of farm animals. *Zootechnics*, 7, pp. 12–16.
12. Berezkin, V.Yu. (2013). *Analysis of iodine content in soils of pastures and pasture vegetation of Bryansk region // Actual problems of ecology and nature management*. Ed. 14: Collection of Scientific Papers. Moscow: PFUR Publishing House, pp.150–154.

13. Korobova, E.M., Berezkin, V.Yu., Kolmykova, L.I. and Korsakova, N.V. (2013). Study of iodine distribution in soils and meadow vegetation of geochemically contrasting landscapes in connection with assessment of iodine status of Bryansk region. *Bulletin of PFUR. Ecology and Life Safety Series*, 4, pp. 60–66.

14. Bazarova, D.C. (2007). *Morphology of the thyroid gland of cattle at iodine deficiency: speciality 16.00.02 "Pathology, oncology and morphology of animals"*. Abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sciences, Ulan-Ude, 20 p.

САЗОНОВ Николай Никитич – д. б. н., доцент, независимый исследователь.

E-mail: nn.sazonov@s-vfu.ru

SAZONOV Nikolay Nikitich – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor Emeritus, Independent Researcher.

КУЗЬМИНА Саргылана Семеновна – к. б. н., доцент, зав. биологическим отделением ИЕН, СВФУ им. М.К. Аммосова.

E-mail: sskuzmina@bk.ru

KUZMINA Sargylana Semenovna – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Biology Department of the Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.