

Научная статья
УДК 612.1/8
doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.018

ДИСБАЛАНС ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ЖИТЕЛЕЙ ЦИРКУМПОЛЯРНОГО РЕГИОНА КАК ОТРАЖЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

Елена Александровна Луговая¹, Евгения Михайловна Степанова²

^{1, 2}Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Магадан, Россия

¹elena_plant@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6583-4175>

²at-evgenia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2223-1358>

Аннотация

Перспективным направлением современной медицины является «написание элементного портрета» населения отдельных биогеохимических регионов с целью научной разработки и внедрения мероприятий по устранению выявленных микроэлементозов, что чрезвычайно актуально на сегодняшний день и для населения циркумполярных регионов, подвергающихся воздействию хронического экологически обусловленного стресса. В настоящей работе обсуждается элементный профиль организма жителей г. Магадана в возрастном и гендерном аспектах, описанный на основе определения концентраций в волосах 25 макро- и микроэлементов, и степени их отклонения от референсных среднероссийских величин.

Ключевые слова:

север, адаптация, макро- и микроэлементы, дисбаланс

Финансирование:

исследование проведено при финансовой поддержке Российского научного фонда и Правительства Магаданской области (номер проекта 23-15-20001).

Для цитирования:

Луговая Е. А., Степанова Е. М. Дисбаланс химических элементов в организме жителей циркумполярного региона как отражение геохимических факторов среды // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2024. Т. 3, № 1. С. 153–159. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.018.

Original article

IMBALANCE OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE CIRCUMPOLAR REGION RESIDENTS AS A RESULT OF ENVIRONMENTAL GEOCHEMICAL INFLUENCE

Elena A. Lugovaya¹, Evgenia M. Stepanova²

^{1, 2}Scientific Research Center “Arktika”, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia

¹elena_plant@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6583-4175>

²at-evgenia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2223-1358>

Abstract

A promising area for the modern medicine is creating a subjective element portrait of the population of certain biogeochemical regions for scientific development and implementation of measures to address the identified trace elements disorders, which appears to be extremely relevant today for the circumpolar people who have been experiencing the chronic exposure of environmentally caused stress. In this paper, the element picture of residents of Magadan city is under discussion, in age- and gender-related aspects, which was described according to the concentrations of twenty-five macro- and microelements in the hair samples, and the degree of their deviation from all-Russian average reference values.

Keywords:

north, adaptation, macro- and microelements, imbalance

Financing:

the study is supported by Russian Science Foundation and Magadan Oblast Administration (project number 23-15-20001).

For citation:

Lugovaya E. A., Stepanova E. M. Imbalance of chemical elements in the circumpolar region residents as a result of environmental geochemical influence. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Natural Sciences and Humanities*, 2024, Vol. 3, No. 1, pp. 153–159. doi:10.37614/2949-1185.2024.3.1.018.

Введение

Крайний Север часто определяют как природную экстремальную зону, предъявляющую повышенные требования к приспособительным возможностям организма. В условиях Крайнего Севера человек подвергается воздействию совокупности экстремальных факторов внешней среды, определяющих специфику его адаптации [1; 2].

Известно, что с увеличением возраста и срока проживания на Севере в организме человека начинают преобладать процессы перенапряжения или истощения функциональных резервов, ведущие к стойкому снижению показателей здоровья [3]. На основе удельных значений коэффициентов факторов окружающей среды, прямо или опосредованно влияющих на здоровье человека, по значению интегрального показателя дискомфорта среды проживания, территория административного центра Магаданской области (г. Магадан) отнесена к зоне умеренной дискомфорта. Большинство районов Магаданской области, особенно находящихся в континентальной части, удаленной от моря, — к зонам с экстремальной (сильной) дискомфортом [4]. Правомочны выводы ряда ученых, указывающие на то, что совокупность социальных, экологических и эпидемиологических причин позволяет выявлять на территориях с экстремальными условиями проживания новые нозологические формы экологических и эндоэкологических заболеваний [5–7].

Доказано, что все основополагающие физиологические и биохимические процессы в организме человека зависят от химических элементов, которые входят в состав многих ферментов, витаминов, гормонов, биологически активных веществ. Дисбаланс биоэлементов может привести к нарушению метаболизма и развитию заболеваний. Жизнедеятельность человека тесным образом связана с химическим составом среды обитания и содержанием в ней различных макро- и микроэлементов, которые участвуют в формировании целого ряда важнейших адаптивных механизмов организма человека, включая функционирование таких жизненно важных систем, как сердечно-сосудистая, дыхательная, пищеварительная, иммунная, эндокринная [8–11]. Так, например, известно, что природные воды Магаданской области по своему составу гидрокарбонатно-кальциевые, хлоридно-гидрокарбонатные, реже натриевые [12; 13]. По степени минерализации природные воды классифицируются как ультрапресные (не более 0,2 г/дм³), по жесткости — как очень мягкие (до 1,5 мг-экв/дм³) или мягкие (1,5–3 мг-экв/дм³). Ранее проведенное нами исследование физиологической полноценности воды, как характеристики питьевых вод, отражающей минимально необходимые и оптимальные концентрации биоэлементов, для удовлетворения потребности в них организма человека, показало, что питьевая вода г. Магадана имеет физиологически несбалансированный минеральный состав с низким уровнем содержания кальция, калия и магния, значения концентраций которых не достигают даже нижней границы интервала [14]. Ввиду того что северные территории характеризуются недостаточной обеспеченностью жизненно необходимых макро- и микроэлементов, высок риск развития скрытых и выраженных элементозов [8; 15].

Перспективным направлением современной медицины является «написание элементного портрета» населения отдельных биогеохимических регионов с целью научной разработки и внедрения мероприятий по устранению выявленных микроэлементозов [16], что чрезвычайно актуально на сегодняшний день и для населения циркумполярных регионов, подвергающихся воздействию хронического экологически обусловленного стресса [17].

Материалы и методы

В волосах детского и взрослого трудоспособного населения г. Магадана в ООО «Молекулярная медицина» (г. Москва) спектрометрическими методами определяли содержание 25 макро- и микроэлементов: алюминий (Al), мышьяк (As), бор (B), бериллий (Be), кальций (Ca), кадмий (Cd), кобальт (Co), хром (Cr), медь (Cu), железо (Fe), ртуть (Hg), йод (I), калий (K), литий (Li), магний (Mg), марганец (Mn), натрий (Na), никель (Ni), фосфор (P), свинец (Pb), селен (Se), кремний (Si), олово (Sn), ванадий (V), цинк (Zn).

Исследование проводили в соответствии с принципами Хельсинкской декларации (2013), Федеральным законом от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан

в Российской Федерации», Федеральным законом от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных». У всех обследуемых брали письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

Возрастную периодизацию осуществляли согласно классификации, принятой на VII Всесоюзной конференции по проблемам возрастной морфологии, физиологии и биохимии АПН СССР (Москва, 1965). Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием IBMSPSS Statistics v/21.0 (США). Характер распределения массива значений концентраций химических элементов определяли методом Колмогорова — Смирнова. Для установления различий между двумя независимыми выборками по количественным показателям, распределение которых отличалось от нормального, применяли критерий Манна — Уитни (U). Критическое значение уровня статистической значимости при проверке нулевых гипотез принималось при $p < 0,05$. При оценке полученных величин содержания макро- и микроэлементов в биосубстратах обследуемых лиц использовали диапазоны, предлагаемые А. В. Скальным с коллегами как соответствующие средним значениям концентраций химических элементов в популяции (референсным значениям), в качестве верхней и нижней границ физиологической нормы [18–20].

Результаты и обсуждение

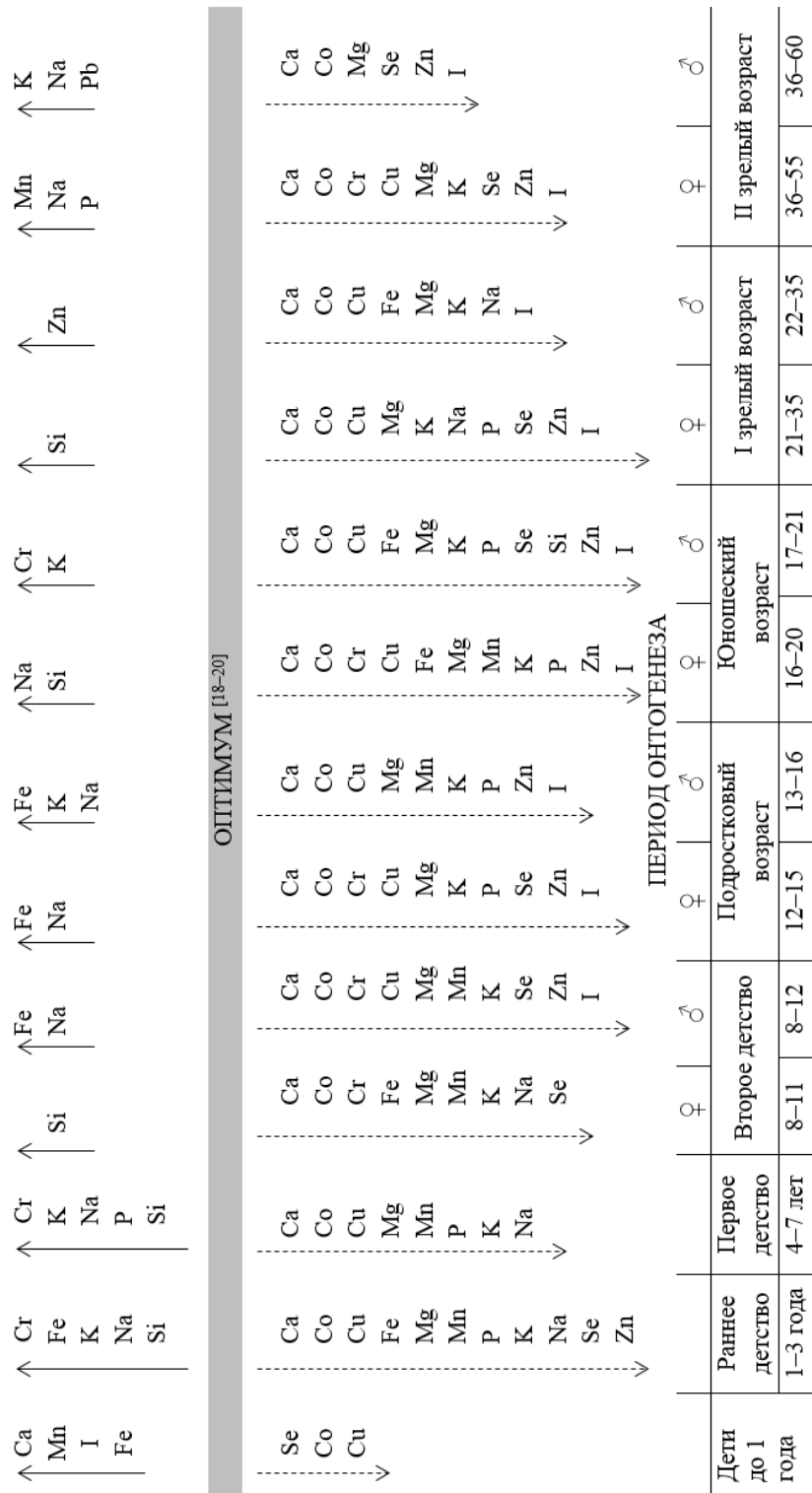
Проведенный статистический анализ первичных данных позволил обнаружить ряд особенностей содержания макро- и микроэлементов в волосах детей и подростков г. Магадана. Их элементный профиль характеризуется чертами так называемого «северного типа» с выраженным дисбалансом основных эссенциальных элементов, главным образом дефицитом Ca, Co, Mg, I, Se.

Говоря о возрастных различиях содержания макро- и микроэлементов в организме, важно отметить, что практически все медианные значения концентраций достоверно ($p < 0,05$) значительно различались во всех возрастных периодах онтогенеза. У детей до года выявлена максимальная медиана концентраций большинства элементов (Al, B, Ca, Co, Fe, I, K, Li, Mg, Mn, Na, Pb, Se, Sn) по сравнению с содержанием этих же элементов в организме их матерей, что, по литературным данным, может быть обусловлено явлением «сверхзапасания», связанным, по-видимому, с повышенной потребностью в биоэлементах организма ребенка в период внутриутробного и постнатального развития. Наибольшая медиана концентраций As и Cr выявлена в группе детей раннего детства, Cd, P, Ni и Hg — второго детства, Cu, Si и Zn — в группе детей подросткового возраста.

На рисунке представлена онтогенетическая схема биоэлементного дисбаланса у жителей циркумполярного региона относительно оптимальных референсных значений концентраций макро- и микроэлементов в организме человека. Относительно среднероссийских границ допустимого содержания макро- и микроэлементов у магаданских детей установлено более низкое содержание условно-эссенциальных Ca, Co, Cu, Mg, Mn, Se и токсичных Al, Cd и Sn, что свидетельствует о достаточно благополучной экологической ситуации в регионе по элементам-токсикантам. Вместе с тем, снижение концентрации эссенциальных Ca, Co, Mg и Se может стать причиной задержки возрастного развития гормональной, иммунной, нервной систем на фоне прогрессирующих микроэлементозов, что может стать первопричиной развития глубоких патологических состояний основных функциональных систем организма в более старших возрастных периодах онтогенеза.

При сравнении диапазонов концентраций макро- и микроэлементов в волосах жителей г. Магадана юношеского возраста с референсными значениями установлено, что у юношей концентрация Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Se ниже среднероссийских референтных показателей, а K, Na, Si — выше. У девушек ниже среднероссийских концентрации в волосах основных эссенциальных элементов: Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Na, P, Se и Zn, выше — Si.

Почти все интервальные показатели и медианы концентраций химических элементов в волосах у магаданцев 21–60 лет отличаются в меньшую сторону относительно среднероссийских референтных значений. При этом содержание Ca, Co и Se оказалось ниже нижней границы референтного интервала в волосах всех обследованных лиц, Mg — в волосах всех обследованных, за исключением группы женщин 36–55 лет.



Онтогенетическая схема биоэлементного дисбаланса у жителей циркулярного региона (г. Магадан). Сплошной стрелкой обозначен избыток концентрации макро- и микроэлементов относительно референсного оптимума, пунктирной — дефицит

В волосах женщин 36–55 лет выше верхней границы нормативного диапазона оказалось значение концентрации Mn. У мужчин 36–60 лет зафиксировано превышение концентрации Na, Fe, K, что может свидетельствовать о повышенном выведении и перераспределении элемента в организме, и, как следствие, повышенная концентрация в волосах токсичного Pb, зафиксированного в волосах у 28 % обследованных мужчин. Такая картина в дальнейшем может привести к формированию дефицита жизненно важных химических элементов. Среди мужчин более высокие концентрации макроэлементов встречались у мужчин 36–60 лет (Ca, K, Na), так же как и ультрамикроэлементы (Se, Co), токсичные и тяжелые металлы (As, Hg, Sn, Ni). Медиана концентрации Zn была выше у мужчин 22–35 лет, а железа — 36–60 лет. У женщин относительно макроэлементов выявлена аналогичная картина. Значения медиан концентраций микроэлементов в организме женщин 36–55 лет оказались выше аналогичных показателей в группе женщин 21–35, за исключением эссенциальных Fe и Si. Среди ультрамикроэлементов у женщин 21–35 лет оказались выше медианы токсичных Sn и Ni.

Заключение

Таким образом, концентрация большинства химических элементов в волосах жителей г. Магадана зависит от возраста и пола и отличается от среднероссийских показателей в сторону пониженных значений. В экстремальных условиях Севера, когда метаболические процессы испытывают высокое напряжение, нарушение элементного баланса может оказать существенное влияние на характер адаптационных реакций и возрастное развитие основных систем организма. При этом хронический дефицит основных жизненно важных элементов в экстремальных северных условиях создает основу для возникновения дисфункций физиологических систем.

Список источников

1. Гридин Л. А., Шишов А. А., Дворников М. В. Особенности адаптационных реакций человека в условиях Крайнего Севера // Здоровье населения и среда обитания. 2014. № 4 (253). С. 4–6.
2. Корчин В. И., Корчина Т. Я., Терникова Е. М., Бикбулатова Л. Н., Лапенко В. В. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения (обзор) // Журн. мед.-биол. исследований. 2021. Т. 9, № 1. С. 77–88.
3. Максимов А. Л., Белкин В. Ш. Биомедицинские и климатоэкологические аспекты районирования территорий с экстремальными условиями среды проживания // Вестн. ДВО РАН. 2005. № 3. С. 28–39.
4. Lugovaya E. A., Averyanova I. V. Assessing tension coefficient of body adaptation reserves under chronic exposure to factors existing in Polar regions // Health Risk Analysis. 2020. no 2. Pp. 101–109.
5. Левин Ю. М. Проблемы клинической методологии и эндоэкологии. М.; Сочи: Сити-Сервис, 1997. 137 с.
6. Агаджанян Н. А., Турзин П. С., Ушаков И. Б. Общественное и профессиональное здоровье и промышленная экология // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 1. С. 1–9.
7. Агаджанян Н. А. Адаптационная и этническая физиология: продолжительность жизни и здоровье человека. М.: РУДН, 2009. 34 с.
8. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.
9. Ding Z., Hu X. Ecological and Human Health Risks from Metal (Loid)s in Peri-Urban Soil in Nanjing, China // Environ. Geochem. Health. 2014. Vol. 36, no. 3. Pp. 399–408.
10. Notova S. V., Kiyaeva E. V., Radysh I. V., Laryushina L. E., Blagonravov M. L. Elemental Status of Students with Different Levels of Adaptation // Bull. Exp. Biol. Med. 2017. vol. 163, no. 5. Pp. 590–593.
11. Uspenskaya E. V., Syroeshkin A. V., Pletneva T. V. Water as a “Complex Mineral”: Trace Elements, Isotopes and the Problem of Incoming Mineral Elements with Drinking Water // Trace Elements Med. 2010. Vol. 11, № 2. P. 50.
12. Бобун И. И., Иванов С. И., Унгурияну Т. Н., Гудков А. Б., Лазарева Н. К. К вопросу о региональном нормировании химических веществ в воде Архангельской области // Гигиена и санитария. 2011. № 3. С. 91–95.

13. Бульбан А. П., Митрофанов И. Д. Гидрохимия природных вод Примагданья // Научная молодежь — Северо-Востоку России: материалы III Межрегиональной конференции молодых ученых. Магадан, 2010. С. 14–18.
14. Степанова Е. М., Луговая Е. А. Содержание химических элементов в водопроводной воде и воде из родниковых питьевых источников разных районов Магаданской области // Химия в интересах устойчивого развития. 2023. № 31. С. 118–125.
15. Оберлиз Д., Харланд В., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 544 с.
16. Сусликов В. Л. Геохимическая экология болезней. Т. 2: Атомовиты. М.: Гелиос АРВ, 2000. 672 с.
17. Корчина Т. Я. Донозологическая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы у населения северного региона // Экология человека. 2013. № 5. С. 8–13.
18. Скальный А. В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И. И. Мечникова. 2002. № 1–2 (3). С. 62–65.
19. Скальный А. В. Референтные значения концентраций химических элементов в волосах, полученные методом ИСП–АЭС (АНО Центр биотической медицины) // Микроэлементы в медицине. 2003. № 4 (1). С. 55–56.
20. Skalny A. V., Skalnaya M. G., Tinkov A. A., Serebryansky E. P., Demidov V. A., Lobanova Y. N., Grabeklis A. R., Berezkina E. S., Gryazeva I. V., Skalny A. A., Nikonorov A. A. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population // Environ Toxicol Pharmacol. 2015. Vol. 40, No 1. Pp. 18–21.

References

1. Gridin L. A., Shishov A. A., Dvornikov M. V. Osobennosti adaptacionnyh reakcij cheloveka v usloviyah Krajnego Severa [Features of human adaptive reactions in the conditions of the Far North]. *Zdorov'e naseleniâ i sreda obitaniâ* [Population health and habitat], 2014, no. 4 (253), pp. 4–6. (In Russ.).
2. Korchin V. I., Korchina T. Ya., Ternikova E. M., Bikbulatova L. N., Lapenko V. V. Vliyanie klimatogeograficheskikh faktorov YAmalo-Neneckogo avtonomnogo okruga na zdorov'e naseleniya (obzor) [Influence of Climatic and Geographical Factors of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug on the Health of Its Population (Review)]. *Zhurn. med.-biol. issledovaniy* [Journal of Medical and Biological Research], 2021, vol. 9, no. 1, pp. 77–88. (In Russ.).
3. Maksimov A. L., Belkin V. Sh. Biomedicinskie i klimatoekologicheskie aspekty rajonirovaniya territorij s ekstremal'nymi usloviyami sredy prozhivaniya [Biomedical, climatic and ecological aspects of the zoning the territories with extreme living conditions]. *Vestn. DVO RAN* [Bulletin of the FEB RAS], 2005, no. 3, pp. 28–39. (In Russ.).
4. Lugovaya E. A., Averyanova I. V. Assessing tension coefficient of body adaptation reserves under chronic exposure to factors existing in Polar Regions. *Health Risk Analysis*, 2020, no. 2, pp. 101–109.
5. Levin Yu. M. *Problemy klinicheskoy metodologii i endoekologii* [Problems of clinical methodology and endoecology]. Moscow, Sochi, Siti-Servis, 1997, 137 p. (In Russ.).
6. Agadzhanyan N. A., Turzin P. S., Ushakov I. B. Obshchestvennoe i professional'noe zdorov'e i promyshlennaya ekologiya [Public and occupational health and industrial ecology]. *Medicina truda i promyshlennaya ekologiya* [Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology], 1999, no. 1, pp. 1–9. (In Russ.).
7. Agadzhanyan N. A. *Adaptacionnaya i etnicheskaya fiziologiya: prodolzhitel'nost' zhizni i zdorov'e cheloveka* [Adaptive and ethnic physiology: life expectancy and human health]. Moscow, RUDN, 2009, 34 p. (In Russ.).
8. Avcyn A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A., Storchkova L. S. *Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikaciya, organopatologiya* [Human Microelementosis: Etiology, Classification, Organopathology]. Moscow, Medicina, 1991, 496 p. (In Russ.).
9. Ding Z., Hu X. Ecological and Human Health Risks from Metal (Loid)s in Peri-Urban Soil in Nanjing, China. *Environ. Geochem. Health*, 2014, vol. 36, no. 3, pp. 399–408.
10. Notova S. V., Kiyaeva E. V., Radysh I. V., Laryushina L. E., Blagonravov M. L. Elemental Status of Students with Different Levels of Adaptation. *Bull. Exp. Biol. Med.*, 2017, vol. 163, no. 5, pp. 590–593.

11. Uspenskaya E. V., Syroeshkin A. V., Pletneva T. V. Water as a “Complex Mineral”: Trace Elements, Isotopes and the Problem of Incoming Mineral Elements with Drinking Water. *Trace Elements Med.*, 2010, vol. 11, no 2, p. 50.
12. Bobun I. I., Ivanov S. I., Unguryanu T. N., Gudkov A. B., Lazareva N. K. K voprosu o regional'nom normirovanii himicheskikh veshchestv v vode Arhangel'skoj oblasti [The issue of regional regulation of chemicals in water in a case study of the Arkhangelsk Region]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and Sanitation], 2011, no 3, pp. 91–95. (In Russ.).
13. Bul'ban A. P., Mitrofanov I. D. Gidrohimiya prirodnih vod Primagadan'ya [Hydrochemistry of natural waters in the Magadan Region]. *Nauchnaya molodezh' — Severo-Vostoku Rossii: materialy III Mezhregional'noj konferencii molodyh uchenyh* [Proceedings of the III Inter-Regional Conference of Young Scientists]. Magadan, 2010, pp. 14–18. (In Russ.).
14. Stepanova E. M., Lugovaya E. A. Soderzhanie himicheskikh elementov v vodoprovodnoj vode i vode iz rodnikovyh pit'evyh istochnikov raznykh rajonov Magadanskoj oblasti [Chemical elements in drinkable water from central supply and spring sources in different areas of the Magadan region]. *Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya* [Chemistry for Sustainable Development], 2023, no. 31, pp. 118–125. (In Russ.).
15. Oberliz D., Harland V., Skal'nyj A. *Biologicheskaya rol' makro- i mikroelementov u cheloveka i zhivotnyh* [Biological role of macro- and microelements in humans and animals]. Saint Petersburg, Nauka, 2008, 544 p. (In Russ.).
16. Suslikov V. L. *Geohimicheskaya ekologiya boleznej*. T. 2: Atomovity [Geochemical ecology of diseases. Vol. 2: Atomovits]. Moscow, Gelios ARV, 2000, 672 p. (In Russ.).
17. Korchina T. Ya. Donozologicheskaya diagnostika zabolevanij serdechno-sosudistoj sistemy u naseleniya severnogo regiona [The heart disease donozological diagnostic in population of the North region]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2013, no. 5, pp. 8–13. (In Russ.).
18. Skal'nyj A. V. Ustanovlenie granic dopustimogo soderzhaniya himicheskikh elementov v volosah detej s primeneniem centil'nyh shkal [Setting the limits of the permissible content for chemical elements in children's hair using centile scales]. *Vestnik Sankt-Peterburgskoj gosudarstvennoj medicinskoj akademii im. I. I. Mechnikova* [Herald of North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov], 2002, no. 1–2 (3), pp. 62–65. (In Russ.).
19. Skal'nyj A. V. Referentnye znacheniya koncentracij himicheskikh elementov v volosah, poluchennye metodom ISP–AES (ANO Centr bioticheskoy mediciny) [Reference values of chemical elements concentration in hair, obtained by means of ICP–AES method in ANO Centre for biotic medicine]. *Mikroelementy v medicine* [Trace elements in medicine], 2003, no. 4 (1), pp. 55–56. (In Russ.).
20. Skalny A. V., Skal'naya M. G., Tinkov A. A., Serebryansky E. P., Demidov V. A., Lobanova Y. N., Grabeklis A. R., Berezkina E. S., Gryazeva I. V., Skalny A. A., Nikonorov A. A. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population. *Environ Toxicol Pharmacol*, 2015, vol. 40, no 1, pp. 18–21.

Информация об авторах

Е. А. Луговая — кандидат биологических наук, директор научно-исследовательского центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук;

Е. М. Степанова — научный сотрудник лаборатории физиологии экстремальных состояний, Научно-исследовательский центр «Арктика» Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Information about the authors

E. A. Lugovaya — PhD (Biology), Director of Research Center “Arktika” of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences;

E. M. Stepanova — Researcher of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Статья поступила в редакцию 27.11.2023; одобрена после рецензирования 05.12.2023; принята к публикации 05.12.2023.
The article was submitted 27.11.2023; approved after reviewing 05.12.2023; accepted for publication 05.12.2023.