


DOI: 10.22363/2313-2310-2023-31-1-70-80

EDN: KFKUOW

УДК 504.75

Научная статья / Research article

Влияние элементного состава воды и почвы на экологический портрет подростков Хабаровского края

А.О. Нестеренко¹, Г.П. Евсева², Е.Д. Целых³¹Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация²Хабаровский филиал Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства, г. Хабаровск, Российская Федерация³Дальневосточный государственный университет путей сообщения, г. Хабаровск, Российская Федерация
alenushka_3@inbox.ru

Аннотация. Представлены результаты анализа воздействия Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th и U в питьевой воде и почве на химический состав волос подростков национальности нивхи, эвены, русские Хабаровского края. Одним из приоритетных направлений региональной политики Хабаровского края является сохранение здоровья коренных малочисленных народов Севера (КМНС). В условиях биогеохимической провинции организм вырабатывает адаптивные механизмы, компенсирующие дисбаланс ряда МЭ в среде, в течение многих поколений. Однако в районах компактного проживания коренного населения наблюдается рост заболеваемости с 2010 по 2020 г. подростков: нивхов (Николаевский район) и эвенов (Охотский район) в 1,8 и в 1,4 раза соответственно, что указывает на присутствие у коренных жителей признаков истощения функциональных резервов организма. В связи с этим особую актуальность приобретает оценка экологического состояния окружающей среды и анализ содержания химических элементов в волосах, отражающий длительность и характер их поступления в организм.

Ключевые слова: микроэлементы, подростки, волосы, почва, вода

Благодарности и финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта на реализацию проектов в области фундаментальных и технических наук из бюджета Хабаровского края (грант № 113/2018Д от 28.06.2018).

© Нестеренко А.О., Евсева Г.П., Целых Е.Д., 2023

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Вклад авторов: *A.O. Нестеренко* – сбор и обработка результатов исследования, анализ полученных данных, написание текста; *Г.П. Евсеева* – анализ полученных данных, дизайн исследования; *Е.Д. Целых* – организация сбора данных, концепция исследования.

История статьи: поступила в редакцию 15.08.2022; доработана после рецензирования 15.12.2022; принята к публикации 14.01.2023.


Для цитирования: *Нестеренко А.О., Евсеева Г.П., Целых Е.Д.* Влияние элементного состава воды и почвы на экологический портрет подростков Хабаровского края // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2023. Т. 31. № 1. С. 70–80. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-70-80>

Influence of the elemental composition of water and soil on the environmental portrait of teenagers in Khabarovsk Krai

Alena O. Nesterenko¹, Galina P. Evseeva², Ekaterina D. Tselikh³

¹*Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation*

²*Khabarovsk Branch of the Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration – Research Institute of Maternity and Childhood Protection, Khabarovsk, Russian Federation*

³*Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, 680021, Russian Federation*
alenuшка_3@inbox.ru

Abstract. The results of studying the content of Fe, Cu, Mo, Zn, Co, Se, Th and U in drinking water, soil and hair of teenagers of different ethnic groups (Nivkhs, Evens, Russians) living in the Khabarovsk Territory are presented. One of the priority directions of the regional policy of the Khabarovsk region is the preservation of the health of indigenous people. In the conditions of a biogeochemical province, the organism develops adaptive mechanisms that compensate for the imbalance of a number of microelements in the environment which occurred for many generations. However, in the areas of compact residence of the indigenous population, there is an increase in the illnesses from 2010 to 2020 among the Nivkhs (Mykolaiv district) and Evens (Okhotsk district) by 1.8 times and 1.4 times, respectively, which indicates the presence of signs of depletion of the functional reserves of the body of indigenous people. In this regard, the assessment of the ecological state of the environment and the analysis of the content of chemical elements in the hair, reflecting the duration and nature of their entry into the organism, is of particular relevance.

Keywords: trace elements, teenagers, hair, soil, water

Acknowledgements and Funding. The study was supported by a grant for the benefits of projects in the field of fundamental and technical sciences from the budget of the Khabarovsk Krai (grant No. 113/2018D dated June 28, 2018).

Authors' contributions: *A.O. Nesterenko* – collection and processing of research results, analysis of the data obtained, writing the text; *G.P. Evseeva* – analysis of the obtained data, study design; *E.D. Tselikh* – organization of data collection, research concept.

Article history: received 15.08.2022; revised 15.12.2022; accepted 14.01.2023.

For citation: Nesterenko AO, Evseeva GP, Tselikh ED. Influence of the elemental composition of water and soil on the environmental portrait of teenagers in Khabarovsk Krai. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2023;31(1):70–80. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2023-31-1-70-80>

Многочисленными исследованиями подтверждено, что элементный статус организма отражает геохимический фон среды обитания, в том числе дисбаланс многих микроэлементов (МЭ) в воде, почве данной территории [1; 2]. Химические элементы способны активно включаться в круговорот веществ и мигрировать по пищевым цепям к человеку, что может приводить к возникновению экологозависимых заболеваний [3; 4].

Как известно, Хабаровский край характеризуется повышенным содержанием Fe, Mn, недостатком Se в окружающей среде. Загрязненность соединениями Fe, Cu и Zn характерна практически для всех водных объектов. В 2019 г. по итогам гидрохимических наблюдений выявлено 104 случая высокого и 19 случаев экстремально высокого загрязнения поверхностных вод Хабаровского края¹.

Одним из факторов, повышающих риск нарушения элементного гомеостаза, является поступление радиоактивных элементов, биологическая роль которых до настоящего времени остается открытой [5]. Согласно литературным данным, в Николаевском и Охотском районах Хабаровского края распространены радиоаномалии с высоким содержанием Th и U [6], которые могут оказывать влияние на элементный гомеостаз жителей [1].

Цель исследования – проанализировать степень воздействия элементного состава питьевой воды и почвы на экологический портрет подростков разных этнических групп, проживающих на территории Хабаровского края.

Материалы и методы

Отбор проб питьевой воды выполнялся в соответствии с требованиями ГОСТа 56237-2014 «Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах». Мониторинг элементного состава питьевой воды производился в течение года по сезонам (2019–2020 гг.). Пробы питьевой воды были взяты в п. Арка Охотского района ($n = 20$), п. Лазарев Николаевского района ($n = 20$) и г. Хабаровске ($n = 20$) ежеквартально. Отбор проб производился в водопроводных кранах школ и частных домов.

Отбор почвенных образцов производился однократно в осенний период (2019 г.) на земельных участках п. Арка Охотского района ($n = 10$), п. Лазарев Николаевского района ($n = 10$) и в г. Хабаровске ($n = 10$). Отбор выполнялся в соответствии с требованиями ГОСТа 17.4.4.02-2017 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».

¹ Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2019 году / под ред. А.А. Сабитова. Хабаровск, 2020. 286 с.

Проведено обследование подростков ($n = 121$), проживающих в Хабаровском крае: нивхов ($n = 25$) и этнических русских ($n = 24$) Николаевского района; эвенов ($n = 54$) и русских ($n = 18$) Охотского района. Подростки г. Хабаровска являются группой сравнения ($n = 33$). Средний возраст $15,20 \pm 0,62$. Разрешение Этического комитета Хабаровского филиала ДНЦ ФПД – НИИ ОМиД получено на основании «информированного согласия» родителей обследованных детей.

Определение примесей Fe, Cu, Co, Mo, Se, Zn, Th и U в питьевой воде, почве и волосах проведено методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой в аккредитованной лаборатории на базе Хабаровского инновационно-аналитического центра Института тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН.

Статистический анализ проводился с использованием стандартных методов вариационной статистики: определение достоверности полученных данных в условиях стандартного нормального распределения для независимых выборок с использованием коэффициента Стьюдента, с учетом «ошибки средней» – $M \pm m$. Степень связности параметров оценивалась с помощью веса корреляционного графа (G), рассчитываемого как сумма соответствующих коэффициентов парной корреляции:

$$G = \sum_{|r_{ij}| \geq \alpha} |r_{ij}|,$$

где r_{ij} – коэффициенты корреляции между i -м и j -м показателями, α определяется уровнем достоверности r_{ij} . Определялось количество и степень выраженности достоверных корреляционных связей в общем числе рассмотренных коэффициентов корреляции, значения которых больше или равны α [7; 8].

Для математических расчетов использовались статистический пакет Statistica 10.0 и офисный пакет Microsoft Office Excel 2013.

Результаты и обсуждение

Результаты анализа проб питьевой воды в обследованных районах представлены в табл. 1.

Проведенными исследованиями установлено, что в пробах питьевой воды Охотского и Николаевского районов, г. Хабаровска концентрация исследуемых МЭ соответствует ПДК. Повышенное содержание Fe в 40 % случаев зафиксировано в пробах питьевой воды г. Хабаровска, превышающее норматив от 1,3 до 3,4 раза ($p < 0,001$).

Следует отметить достоверно низкое содержание эссенциальных элементов во всех пробах питьевой воды Хабаровского края: Cu, Co, Zn, Se ($p < 0,001$), более выраженное в северных районах. В пробах питьевой воды обнаружено содержание Th и U. Однако концентрация радиоактивных элементов не превышает установленные нормативы.

Таблица 1. Содержание (M±m) эссенциальных и радиоактивных микроэлементов в питьевой воде Хабаровского края, мг/л

Концентрация элементов	г. Хабаровск (n = 20)	п. Лазарев Николаевского района (n = 20)	п. Арка Охотского района (n = 20)	ПДК по СанПиН 1.2.3685-21
Fe	0,452±0,05*	<i>0,286±0,02**</i>	0,146±0,01***	0,3
Cu	0,046±0,005*	0,001±0,0001**	0,002±0,0003***	1,0
Co	0,0038±0,0005*	0,0019±0,0002**	0,0003±0,0001***	0,1
Zn	0,326±0,04*	0,037±0,004**	0,009±0,0001***	5,0
Mo	0,002±0,0003	0,002±0,0001**	0,0548±0,00005***	0,07
Se	0,002±0,0002	0,002±0,0002**	0,0001±0,0002***	0,01
Th	0,002±0,0003	0,001±0,0005	0,001±0,0001***	0,03 ¹
U	0,002±0,0002*	0,005±0,0005**	0,001±0,0001***	0,015 ¹

Примечания: Здесь и далее: ¹ ПДК по Руководству по обеспечению качества питьевой воды ВОЗ (2017). Превышение ПДК выделено жирным шрифтом; концентрация МЭ, соответствующая верхней границе норматива, выделена курсивом.

* – Достоверность различий $p < 0,001$ в группах г. Хабаровск–п. Лазарев.

** – Достоверность различий $p < 0,001$ в группах г. Хабаровск–п. Арка.

*** – Достоверность различий $p < 0,001$ в группах п. Лазарев–п. Арка.

Table 1. Content (M±m) of essential and radioactive trace elements in drinking water of the Khabarovsk Krai, mg/l

Element concentration	Khabarovsk (n = 20)	Lazarev, Nikolaevsky district (n = 20)	Arka, Okhotsk district (n = 20)	MPC according to SanPiN 1.2.3685-21
Fe	0.452±0.05*	<i>0.286±0.02**</i>	0.146±0.01***	0.3
Cu	0.046±0.005*	0.001±0.0001**	0.002±0.0003***	1.0
Co	0.0038±0.0005*	0.0019±0.0002**	0.0003±0.0001***	0.1
Zn	0.326±0.04*	0.037±0.004**	0.009±0.0001***	5.0
Mo	0.002±0.0003	0.002±0.0001**	0.0548±0.00005***	0.07
Se	0.002±0.0002	0.002±0.0002**	0.0001±0.0002***	0.01
Th	0.002±0.0003	0.001±0.0005	0.001±0.0001***	0.03 ¹
U	0.002±0.0002*	0.005±0.0005**	0.001±0.0001***	0.015 ¹

Notes: Here and below: ¹ MPC according to Guidelines for drinking-water quality WHO. Exceeding the MPC is highlighted in bold; the concentration of the trace element at the upper limit of the standard is highlighted in italics.

* – Reliability of differences $p < 0.001$ in the groups of Khabarovsk–v. Lazarev.

** – Reliability of differences $p < 0.001$ in the groups of Khabarovsk–v. Arka.

*** – Reliability of differences $p < 0.001$ in the groups of Lazarev–v. Arka.

В табл. 2 представлены средние концентрации эссенциальных и радиоактивных элементов в почвах обследованных районов.

Таблица 2. Содержание (M ± m) эссенциальных и радиоактивных микроэлементов в почве Хабаровского края, мг/кг

Концентрация элементов	г. Хабаровск (n = 10)	п. Лазарев Николаевского района (n = 10)	п. Арка Охотского района (n = 10)	ПДК по СанПиН 1.2.3685-21
Fe	46712,8±822,0	44852,78±500,12**	11969,18±718,32***	25000
Cu	15,8±1,67*	76,506±7,02**	40,436±4,33***	66 (ОДК)
Co	6,43±0,60*	16,998±2,49**	3,662±0,25***	5
Zn	65,99±4,78	66,848±6,27**	181,904±15,3***	23
Mo	0,83±0,07*	0,534±0,05**	2,066±0,28***	253 ¹
Se	0,0016±0,0001*	0,001±0,0001**	0,07±0,01***	0,11 ¹
Th	1,356±0,40*	5,856±0,61**	2,036±0,3	3 ²
U	2,85±0,31*	1,324±0,011**	0,422±0,04***	3 ²

Примечания: ¹ Ввиду отсутствия установленных ПДК и ОДК Mo и Se в почве были взяты данные по: Crommentuijn T., Polder M.D., Van de Plassche E.J. [9].

² Фоновые значения Th и U по: И.Г. Асылбаеву, И.К. Хабирову, И.М. Габбасовой и др. [10].

* – Достоверность различий $p < 0,001$ в группах г. Хабаровск–п. Лазарев.

** – Достоверность различий $p < 0,001$ в группах г. Хабаровск–п. Арка.

*** – Достоверность различий $p < 0,001$ в группах п. Лазарев–п. Арка.

Table 2. Content (M±m) of essential and radioactive trace elements in the soil of the Khabarovskiy Kray, mg/kg

Element concentration	Khabarovsk (n = 10)	Lazarev, Nikolaevsky district (n = 10)	Arka, Okhotsk district (n = 10)	MPC according to SanPiN 1.2.3685-21; *WHO guidance
Fe	46712.8±822.0	44852.78±500.12 **	11969.18±718.32 ***	25000
Cu	15.8±1.67*	76.506±7.02 **	40.436±4.33 ***	66 (ОДК)
Co	6.43±0.60*	16.998±2.49 **	3.662±0.25 ***	5
Zn	65.99±4.78	66.848±6.27 **	181.904±15.3 ***	23
Mo	0.83±0.07*	0.534±0.05 **	2.066±0.28 ***	253 ¹
Se	0.0016±0.0001*	0.001±0.0001 **	0.07±0.01 ***	0.11 ¹
Th	1.356±0.40*	5.856±0.61 **	2.036±0.3	3 ²
U	2.85±0.31*	1.324±0.011 **	0.422±0.04 ***	3 ²

Notes: ¹ Due to the lack of established MPC and APC for Mo and Se in the soil, the data were taken by Crommentuijn T., Polder M.D., Van de Plassche E.J. [9].

² Background values of Th and U according to Asylbaev I.G., Khabirov I.K., Gabbasova I.M. et al. [10].

* – Reliability of differences $p < 0.001$ in the groups of Khabarovsk–v. Lazarev.

** – Reliability of differences $p < 0.001$ in the groups of Khabarovsk–v. Arka.

*** – Reliability of differences $p < 0.001$ in the groups of Lazarev–v. Arka.

Установлено, что за анализируемый период концентрация Fe в образцах почв Охотского района соответствовала ПДК, а в Николаевском районе и г. Хабаровске превышала ПДК в 1,4–1,9 раза ($p < 0,001$). Концентрация Cu в Охотском районе соответствовала ОДК, в Николаевском районе в 1,2 раза превышала ОДК (в 80% проб содержание превышало ОДК). В почвах г. Хабаровска содержание Cu было снижено в 4,2 раза.

Анализ образцов почв выявил избыточное содержание Zn во всех пробах: в Охотском районе превышение ПДК составило 7,9 раза, в Николаевском районе и в г. Хабаровске – 2,8–3,1 и 2,0–4,3 соответственно, $p < 0,001$.

Установлено, что содержание Co в почве Охотского района в пределах ПДК. В Николаевском районе концентрация Co во всех пробах была выше в 3,4 раза по сравнению с ПДК ($p < 0,001$). В образцах почв г. Хабаровска также выявлено превышение содержания Co в 1,3 раза.

Содержание Mo и Se в анализируемых образцах дефицитны, так как биогеохимическая провинция Хабаровского края бедна представленными эссенциальными МЭ [11].

Концентрация Th в почвах Охотского района ниже фоновых значений, а в Николаевском районе и г. Хабаровске превышает их в 1,95 и 1,90 раза соответственно. Причиной высокого содержания Th в образцах почв Николаевского района является активный рудогенез на данной территории [6].

Содержание U в почвенных образцах не превышало фоновых значений по всем исследуемым районам.

Таким образом, анализ проб питьевой воды и почв показал дефицитное содержание эссенциальных элементов (Mo, Se) во всех районах Хабаровского края. В питьевой воде также определена низкая концентрация Cu, Co и Zn.

Эссенциальные элементы поступают в организм с водой и, как показано нами ранее, с пищей [12]. Суммарное поступление МЭ из атмосферного воздуха, воды и пищевых продуктов отражается их содержанием в волосах (табл. 3).

Таблица 3. Концентрация (M±m) микроэлементов в волосах (мкг) подростков разных этнических групп, проживающих на территории Хабаровского края

Группа подростков	Fe 5,0-25	Co 0,02- 0,11	Cu 8-12	Zn 94-183	Se 0,5-1,5	Mo 0,02-2,0	Th < 0,001	U 0,003
Подростки Охотский район (n = 72)	23,55± 2,75	0,043± 0,009	8,32± 0,51	136,3± 10,51	0,2218± 0,003	0,026± 0,0044	0,0017± 0,0009***	0,0026± 0,0007
Подростки Николаевский район (n = 49)	54,25± 8,38***	0,19± 0,05***	5,23± 0,70	246,58± 29,81***	0,011± 0,001	0,014± 0,002	0,014± 0,001***	0,027± 0,003
Подростки г. Хабаровск (n = 23)	65,699± 13,30***	0,229± 0,06***	13,046± 4,53*	142,031± 21,56	0,281± 0,03	0,045± 0,01	0,017± 0,005***	0,029± 0,013

Примечание. Норматив Th и U в волосах – по Наркович Д.В. [14], нормативы содержания в волосах показаны по Oberlis D., Harland B., Skalnyu A. [15]. Различие с границей физиологического норматива достоверно: при $p \leq 0,05$ (*); при $p \leq 0,01$ (**); при $p \leq 0,001$ (***)

Table 3. Concentration (M±m) of microelements in hair (μg) of teenagers of different ethnic groups living in the Khabarovsk Krai

A group of teenagers	Fe 5.0-25	Co 0.02- 0.11	Cu 8-12	Zn 94-183	Se 0.5-1.5	Mo 0.02-2.0	Th < 0.001	U 0.003
Teenagers, Okhotsky District (n = 72)	23.55± 2.75	0.043± 0.009	8.32± 0.51	136.3± 10.51	0.2218± 0.003	0.026± 0.0044	0.0017± 0.0009	0.0026± 0.0007
Teenagers, Nykolaivsky district (n = 49)	54.25± 8.38	0.19± 0.05	5.23± 0.70	246.58± 29.81	0.011± 0.001	0.014± 0.002	0.014± 0.001	0.027± 0.003
Teenagers, Khabarovsk (n = 23)	65.699± 13.30	0.229± 0.06	13.046± 4.53	142.031± 21.56	0.281± 0.03	0.045± 0.01	0.017± 0.005	0.029± 0.013

Note. Standard Th and U in hair – according to Narkovich D.V. [14], hair content standards are shown according to Oberlis D., Harland B., Skalny A. [15]. The difference with the boundary of the physiological standard is significant: at $p \leq 0.05$ (*); at $p \leq 0.01$ (**); at $p \leq 0.001$ (***)

Анализ волос показал, что содержание Fe и Co в группах подростков Охотского района в пределах референтных значений. В группах Николаевского района и г. Хабаровска концентрация Fe превышала норматив в 2,16 и 2,63 раза, концентрация Co – в 1,73 и 2,08 раза соответственно.

Содержание Cu в волосах на нижней границе норматива среди подростков Охотского района и дефицитное в Николаевском районе в г. Хабаровске превысило норматив в 1,10 раза.

Анализ содержания Zn выявил превышение референтных значений в волосах подростков Николаевского района, в остальных группах содержание соответствовало пределам.

Содержание Se дефицитно в волосах всех обследуемых групп ($p < 0,001$). В группе Николаевского района выявлен дефицит Mo (в 1,43 раза ниже референтных значений), в группах Охотского района и г. Хабаровска – на нижней границе.

Установлены высокие концентрации Th в волосах всех групп по сравнению с референтными значениями ($p < 0,001$).

Концентрация U в пределах верхней границы норматива в волосах всех групп. Пограничные показатели факторов среды приводят к дисфункциональным состояниям организма (которые являются обратимыми). Однако при длительном действии стрессора возникают дизадаптации.

В результате анализа элементного состава проб питьевой воды, почвы и образцов волос подростков, проживающих в районах Хабаровского края с различными климатическими условиями, были установлены корреляционные связи. Значимые прямые зависимости содержания МЭ в воде и почве выявлены для Zn ($r = 0,86$, $p < 0,05$), Fe ($r = 0,59$, $p < 0,05$) и U ($r = 0,9$, $p < 0,05$). Отрицательные зависимости выявлены между концентрацией Se в воде и почве ($r = -0,81$, $p < 0,05$) и Cu в воде и почве ($r = 0,39$, $p < 0,05$).

Достоверные корреляционные зависимости выявлены между содержанием Fe, Co, Mo, Th в волосах и воде ($r = 0,48-0,89$, $p < 0,05$), Fe, Cu, Zn, Se в волосах и почве ($r = 0,38-0,71$, $p < 0,05$).

В ряде исследований было показано, что при неблагоприятных внешних воздействиях уровень корреляций между различными параметрами организма повышается [13]. Метод корреляционной адиптометрии позволяет количественно оценить степень здоровья групп людей и заблаговременно прогнозировать возможные неблагоприятные изменения здоровья [7]. Анализ корреляционных взаимосвязей содержания МЭ в волосах подростков с использованием данного метода показал, что величина корреляционного графа у детей г. Хабаровска и Николаевского района в 1,5 раза выше, чем у подростков Охотского района (рис. 1), что может свидетельствовать об антропоэкологическом напряжении адаптационных механизмов у подростков, проживающих в данных экологических условиях.

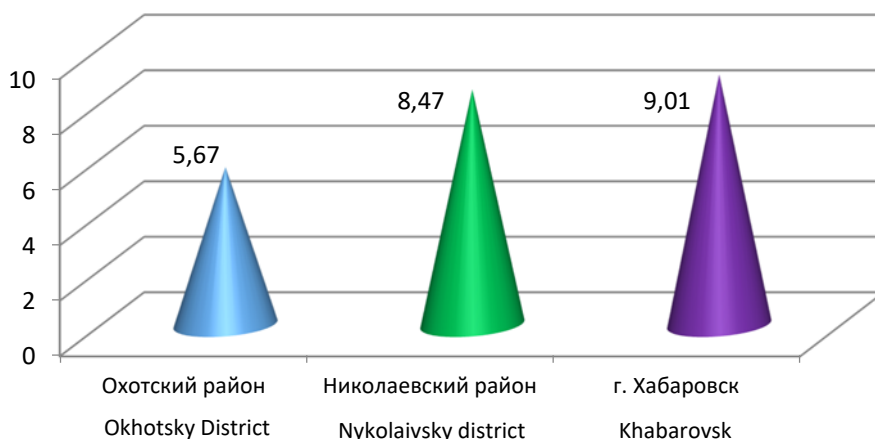


Рис. 1. Вес корреляционного графа у подростков, проживающих в различных районах Хабаровского края / Figure 1. The weight of the correlation graph of teenagers living in different regions of the Khabarovsk Krai

Таким образом, проведенные исследования показали, что в питьевой воде выявлен дисбаланс МЭ: в ряде случаев имеет место превышение ПДК по содержанию Fe, сопровождающийся дефицитом эссенциальных элементов (Cu, Co, Zn, Mo, Se). Во всех образцах почв установлены низкие концентрации Mo, Se и высокие – Fe. Также в Николаевском районе выявлено повышенное содержание Th в почвах. Элементный дисбаланс отражается на их концентрации в волосах подростков, проживающих на территориях геохимических аномалий, и может являться фактором риска развития экологически обусловленных заболеваний.

Список литературы

- [1] Сальникова Е.В., Бурцева Т.И., Скальный А.В. Региональные особенности содержания микроэлементов в биосфере и организме человека // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 2. С. 148–152.
- [2] Евсеева Г.П., Пичугина С.В., Яковлев Е.И., Пепеляева Л.Р. Экологическое воздействие качества окружающей среды Хабаровского края на уровень заболеваемости детского населения // Региональные проблемы. 2018. Т. 21, № 4. С. 93–100.
- [3] Агаджанян Н.А., Скальный А.В., Детков В.Ю. Элементный портрет человека: заболеваемость, демография и проблема управления здоровьем нации // Экология человека. 2013. № 11. С. 3–12.
- [4] Скальный А.В. Оценка и коррекция элементного статуса населения – перспективное направление отечественного здравоохранения и экологического мониторинга // Микроэлементы в медицине. 2018. № 19 (1). С. 5–13.
- [5] Барановская Н.В., Агеева Е.В., Соктоев Б.Р., Наркович Д.В., Денисова О.А., Матковская Т.В. Редкоземельные и радиоактивные (Th, U) элементы в компонентах природной среды на территории Томской области // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 2. С. 17–28.
- [6] Коковкин А.А. Новейшая структура Сихотэ-Алинского орогена, металлогения Сихотэ-Алинской рудной провинции // Региональная геология и металлогения. 2013. № 53. С. 1–9.
- [7] Разжевайкин В.Н., Шпитонков М.И. Модельное обоснование корреляционной адаптометрии с применением методов эволюционной оптимальности // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2003. Т. 3, № 2. С. 308–320.
- [8] Ермолаев О.Ю. Математическая статистика для психологов. М.: Московский психол.-соц. ин-т.; Флинт, 2003. С. 19–72.
- [9] Crommentuijn T., Polder M.D., Van de Plassche E.J. Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for metals, taking background concentrations into account // RIVM Report 601501001. Bilthoven, Netherlands, 1997. 260 p.
- [10] Асылбаев И.Г. Хабиров И.К., Габбасова И.М., Рафиков Б.В., Лукманов Н.А. Геохимия урана и тория в почвах Южного Урала // Почвоведение, Российская академия наук (Москва). 2017. № 12. С. 1468–1476.
- [11] Ковальский Ю.Г., Голубкина Н.А., Папазян Т.Т., Сенкевич О.А. Селеновый статус жителей Хабаровского края 2018 г. // Микроэлементы в медицине. 2019. Т. 3, № 20. С. 45–53.
- [12] Нестеренко А.О., Целых Е.Д., Христофорова Н.К., Бердников Н.В. Анализ элементного состава сыворотки крови и волос подростков разных этнических групп

- Хабаровского края на фоне рациона питания и техногенного загрязнения территории // Сеченовский вестник. 2018. № 2. С. 26–32.
- [13] Горбань А.Н., Манчук В.Т., Петушкова Е.В. Динамика корреляций между физиологическими параметрами и эколого-эволюционный принцип полифакториальности // Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Л.: Гидрометеониздат, 1987. Т. 10. С. 187–198.
- [14] Наркович Д.В. Элементный состав волос детей как индикатор природно-техногенной обстановки территории (на примере Томской области): автореф. дис. ... канд. геолого-минералогических наук. Томск: ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, 2012. 22 с.
- [15] Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука, 2008. 542 с.

References

- [1] Salnikova EV, Burtseva TI, Skalny AV. Regional peculiarities of trace elements in the biosphere and the human body. *Hygiene & Sanitation (Russian Journal)*. 2019;98(2):148–152. (In Russ.)
- [2] Evseeva GP, Pichugina SV, Yakovlev EI, Pepelyaeva LR. Environmental impact the environmental quality of the Khabarovsk krai in the incidence of children population. *Regional problems*. 2018;21(4):93–100. (In Russ.)
- [3] Agadzhanian NA, Skalny AV, Detkov VYu. Elemental portrait of a person: morbidity, demography, and the problem of managing the health of the nation. *Human Ecology*. 2013;11:3–12. (In Russ.)
- [4] Skalny AV. Assessment and correction of the elemental status of the population – a promising direction of domestic health care and environmental monitoring. *Microelements in medicine*. 2018;19(1):5–13. (In Russ.)
- [5] Baranovskaya NV, Ageeva EV, Soktoev BR, Narkovich DV, Denisova OA, Matkovskaya TV. Rare earth and radioactive (Th, U) elements in the components of the environment on the territory of Tomsk region. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2020;331(2):17–28. (In Russ.)
- [6] Kokovkin AA. The newest structure of the Sikhote-Alin orogen, the meteorology of the Sikhote-Alin ore province. *Regional geology and metallogeny*. 2013;53:1–9. (In Russ.)
- [7] Razzhevaikin VN, Shpitionkov MI. Model substantiation of correlation adaptometry using evolutionary optimality methods. *Journal of Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2003;2:308–320. (In Russ.)
- [8] Ermolaev OYu. *Mathematical statistics for psychologists*. Moscow: Moscow Psychological and Social Institute: Publisher Flint. 2003:19–72. (In Russ.)
- [9] Crommentuyn T, Polder MD, Van de Plassche EJ. Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for metals, taking background concentrations into account. *RIVM Report 601501001*. Bilthoven, Netherlands; 1997:260.
- [10] Asylbaev IG, Khabirov IK, Gabbasova IM, Rafikov BV, Lukmanov NA. Geochemistry of uranium and thorium in the soils of the Southern Urals. *Soil Science, Russian Academy of Sciences*. 2017;12:1468–1476. (In Russ.)
- [11] Kovalsky YuG, Golubkina NA, Papazyan TT, Senkevich OA. Selenium status of residents of the Khabarovsk Krai in 2018. *Trace elements in medicine*. 2019;20(3):45–53. (In Russ.)
- [12] Nesterenko AO, Tselykh ED, Khristoforova NK, Berdnikov NV. Analysis of the elemental composition in blood serum and hair of adolescents of different ethnic groups in Khabarovsk krai in connection with nutrition and technogenic contamination of territories. *Sechenov Medical Journal*. 2018;2:26–32. (In Russ.)

- [13] Gorban AN, Manchuk VT, Petushkova EV. Dynamics of correlations between physiological parameters and the eco-evolutionary principle of polyfactoriality. *Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems*. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1987;10:187–198. (In Russ.)
- [14] Narkovich DV. *The elemental composition of children's hair as an indicator of the natural and man-made situation of the territory (on the example of the Tomsk region)* (abstract of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences dissertation). Tomsk: FGBOU VPO NI TPU;2012. (In Russ.)
- [15] Oberlis D, Harland B, Skalny A. *The biological role of macro- and microelements in humans and animals*. Saint Petersburg: Nauka publ.; 2008. (In Russ.)

Сведения об авторах:

Нестеренко Алена Олексовна, старший преподаватель кафедры биологии, экологии и химии, Тихоокеанский государственный университет; Российская Федерация, 680000, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Карла Маркса, 68. ORCID: 0000-0001-7927-5741, SPIN-код: 8474-6563. E-mail: alenushka_3@inbox.ru

Евсеева Галина Петровна, доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе, главный научный сотрудник, Хабаровский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания» – Научно-исследовательский институт охраны материнства и детства; Российская Федерация, 680000, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Воронежская, д. 49, корп. 1, ORCID: 0000-0002-7528-7232, SPIN-код: 8565-3889. E-mail: evseeva@yandex.ru

Целых Екатерина Дмитриевна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность», Дальневосточный государственный университет путей сообщения; Российская Федерация, 680000, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47. ORCID: 0000-0003-3935-9195, SPIN-код: 9224-8233. E-mail: celixed@mail.ru

Bio notes:

Alena O. Nesterenko, Senior Lecturer, Pacific National University; 68 Karl Marx St, Khabarovsk, Khabarovsk Krai, 680000, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-7927-5741. E-mail: alenushka_3@inbox.ru.

Galina P. Evseeva, MD, PhD, DSc, Deputy Director on Scientific Work, Main staff scientist of Groups of health and environmental problems of mother and child health, Research Institute of Maternity and Childhood Protection; 49, bldg. 1, Voronezhskaya St, Khabarovsk, Khabarovsk Krai, 680000, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-7528-7232, SPIN-код: 8565-3889. E-mail: evseeva@yandex.ru

Ekaterina D. Tselikh, Doctor of Biological Sciences, Professor, Far Eastern State Transport University; 47 Serysheva St, Khabarovsk, Khabarovsk Krai, 680000, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-3935-9195, SPIN-код: 9224-8233. E-mail: celixed@mail.ru