

## Микроэлементный статус жителей Вилюйского региона

П. Г. Петрова✉, Н. В. Борисова

*Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, г. Якутск, Российская Федерация*  
✉ [mira\\_44@mail.ru](mailto:mira_44@mail.ru)

### Аннотация

Вся территория Республики Саха (Якутия) находится в зоне экстремальных климатических факторов, климат суровый и континентальный. На Севере процессы самовосстановления и самоочищения природных ландшафтов протекают очень медленно. В водных и наземных экосистемах снижены скорости биологических и химических преобразований, что приводит к значительному накоплению в них химических компонентов антропогенного происхождения [11]. Неблагоприятные воздействия среды обитания до конца 20 в. были мало изучены. В научных трудах В.В. Ковальского, Н.А. Агаджаняна, А.В. Скального и других авторов имеются многочисленные подтверждения взаимосвязи между химической гетерогенностью биосферы и возникновением в организме различных изменений и даже болезней. Биогеохимические факторы (микроэлементы почвы, воды, воздуха, продукты биотического и абиотического происхождения, промышленные и сельскохозяйственные отходы) оказывают существенное влияние на жизнедеятельность и функциональные резервы организма человека. По трактовке ВОЗ здоровье населения на 50 % определяется образом жизни, на 20 – наследственностью, на 20 – неблагоприятным воздействием среды обитания и на 10 % – качеством медико-санитарной помощи. Отсюда возник наш научный интерес к исследованиям микроэлементного статуса в биосредах (волосы, кровь) жителей Республики Саха (Якутия), проживающих в бассейнах рек Вилюй и Марха.

**Ключевые слова:** микроэлементы, дисбаланс, здоровье, человек, окружающая среда

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках НИР «Научно-обоснованная оценка состояния здоровья населения, проживающего в бассейне р. Вилюй и р. Марха, с разработкой комплекса медико-социальных мероприятий по его оздоровлению».

**Для цитирования:** Петрова П.Г., Борисова Н.В. Микроэлементный статус жителей Вилюйского региона. *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2022;27(4):600–609. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-4-600-609>

## The microelement status of residents of the Vilyui region

P. G. Petrova✉, N. V. Borisova

*Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation*  
✉ [mira\\_44@mail.ru](mailto:mira_44@mail.ru)

### Abstract

The entire territory of the Republic of Sakha (Yakutia) is located in the zone of extreme climate. Harsh and continental climatic factors of the North slow the processes of self-healing and self-purification of the natural landscapes. The decrease in the rates of biological and chemical transformations in the aquatic and terrestrial ecosystems leads to a significant accumulation of chemical components of anthropogenic origin in them. The adverse effects of the habitat were little studied until the end of the 20th century. The relationships between chemical heterogeneity of the biosphere and the occurrence of various changes in the human body and even diseases have been found. Biogeochemical factors (microelements of soil, water, air, products of biotic and abiotic origin, industrial and agricultural waste) have a significant impact on the normal functioning and functional reserves of the human body. Recent estimates of the WHO attributes 50 % of health outcomes of the population to behaviour, 20 % to genetics, 20 % to social and physical environment, 10 % to the quality of medical care. In this regard, the aim of the work was to study the microelement status in the biological media (hair, blood) of residents of the Republic of Sakha (Yakutia) living in the basins of the Vilyu and Markha rivers.

**Keywords:** microelements, imbalance, health, human, environment

**Funding.** The study was carried out within the framework of the Research Project “Scientifically based assessment of the health status of the population living in the basin of the Vilyu River and the Markha river, with the development of a complex of medical and social measures for its improvement”.

**For citation:** Petrova P.G., Borisova N.V. The microelement status of residents of the Vilyui region. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2022;27(4):600–609. (In Russ.); <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-4-600-609>

### Введение

Геологическая разведка и разработка месторождений полезных ископаемых нередко сопровождаются техногенным загрязнением окружающей среды и приводят к серьезным негативным последствиям. В результате водного и воздушного переноса поллютантов могут загрязняться территории, находящиеся на значительном удалении от источника загрязнения [1, 3, 7, 11]. Экстремальные условия Севера и неблагоприятная экологическая ситуация на фоне хронических стрессовых воздействий и другие сопутствующие факторы могут привести к соматическим заболеваниям [1, 2, 9].

Проблемы обеспечения здоровья и качества жизни населения, проживающего на северных территориях, определяются целым рядом факторов, в число которых входят гипокомфортные условия проживания, неблагоприятная экологическая обстановка и неполноценное питание. Одним из отражений воздействия этого комплекса факторов является нарушение элементного статуса организма. Жизненно необходимые микроэлементы играют важнейшую роль в функционировании организма, в связи с чем их дефицит сопровождается снижением адаптивных способностей организма и развитием заболеваний даже в комфортных климатогеографических условиях, а в неблагоприятных условиях среды – еще более выраженными проявлениями [13, 14, 17].

Многие проблемы, связанные со здоровьем популяции, имеют глубокие социально-экономические корни, включая региональные аспекты условий жизни, изменение традиционного уклада жизни и питания коренных народностей республики, предопределяющие значительное напряжение популяционно-демографических процессов среди этнических групп, стремительное нарастание острых экологических и социальных проблем [1, 9]. Не вызывает сомнения то, что факторы, оказывающие влияние на состояние здоровья, могут быть связаны с образом жизни, состоянием окружающей среды.

Бассейны рек Вилюй и Марха на территории Республики Саха (Якутия) являются зонами по-

тенциального риска по промышленному загрязнению окружающей среды отходами добывающих и горно-обогатительных предприятий, что может оказать дополнительное влияние на состояние здоровья населения.

В этой связи целью работы явилось исследование элементного статуса жителей Республики Саха (Якутия), проживающих в бассейнах рек Вилюй и Марха.

### Материалы и методы

Материалом для исследования элементного статуса служили биологические образцы волос и цельной крови. Всего для исследования было предоставлено 501 образец волос и 305 образцов цельной крови (табл. 1).

В предоставленных образцах проводилось определение содержания следующих химических элементов: Al, Cd, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, I, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, U, Zn, Zr. Определение проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой.

Образцы подвергались пробоподготовке согласно методическим рекомендациям «Методика определения микроэлементов в диагностируемых биосубстратах методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС)», утвержденным ФЦГСЭН 26.03.2003, а также МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03 «Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спек-

Таблица 1

#### Количество и распределение по категориям биологических образцов

Table 1

#### Quantity and categorization of biological samples

Место отбора (населенный пункт)	Тип образца	
	Волосы	Цельная кровь
Кюндядя	85	58
Вилючан	113	49
Малькай	150	100
Сюльдюкар	55	33
Хоро	98	65

**Результаты контрольного определения микроэлементного состава стандартного образца GBW09101b human hair (SINP, КНР)**

Table 2

**The results of the microelement composition test of the standard sample GBW09101b human hair (SINP, China)**

Элемент	Аттестованное значение	Допустимый интервал		Полученное значение	
		от	до	Стандартное отклонение	Среднее значение
Ag	0,037	0,035	0,039	0,0071	0,0338
Al	23,2	21,2	25,2	3,23	13,7
As	0,198	0,175	0,221	0,023	0,192
Ba	11,1	9,8	12,4	2,66	11,08
Br	0,59	0,59	0,59	2,25	1,54
Ca	1537	1469	1605	112	1517
Cd	0,072	0,062	0,082	0,0092	0,0571
Co	0,153	0,138	0,168	0,022	0,126
Cr	8,74	7,77	9,71	1,41	6,08
Cu	33,6	31,3	35,9	4,46	33,72
Fe	160	144	176	21	140
Hg	1,06	0,78	1,34	0,19	1,24
I	0,96	0,76	1,16	1,23	1,7
K	14,4	14,4	14,4	10,07	28,54
La	0,029	0,029	0,029	0,0048	0,0212
Mg	248	234	262	23	231
Mn	3,83	3,44	4,22	0,34	3,09
Mo	1,06	0,94	1,18	0,176	0,737
Na	445	405	485	48	461
Ni	5,77	5,77	5,77	0,98	4,36
P	174	131	217	24	182
Pb	3,83	3,65	4,01	0,51	4,08
S	46200	46200	46200	5642	47254
Sb	0,12	0,1	0,14	0,017	0,102
Se	0,59	0,55	0,63	0,064	0,553
Sr	8,17	7,48	8,86	0,94	7,76
V	0,089	0,089	0,089	0,0111	0,0768
Zn	191	175	207	17	193

трометрии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой», утвержденным МЗ РФ в 2003 г [6].

Аналитические исследования выполнены на приборе NexION 300D+NWR213 (Perkin Elmer, США) с автодозатором ESI SC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc., США).

Калибровка системы осуществлялась в соответствии с рекомендациями и спецификациями

производителя. В частности, стандартные растворы с концентрациями 0,5, 5, 10 и 50 мкг/л металлов изготавливались на основе коммерческих наборов Universal Data Acquisition Standards Kit (PerkinElmer Inc., США) путем разведения дистиллированной и деионизированной водой и подкислением 1%-й азотной кислотой.

Внутренняя онлайн-стандартизация проводилась с помощью изотопа иттрия 89 (89Y). Внут-

ренный стандарт, содержащий 10 мкг/л иттрия, приготовлялся из набора Yttrium (Y) Pure Single-Element Standard (PerkinElmer Inc., США) на основании комплексной матрицы, содержащей 8%-й 1-бутанол (Merck KGaA, Германия), детергент 0,8 % Тритон X-100 (Sigma-Aldrich Co., США), 0,02 % гидроксид тетраметиламмония (Alfa-Aesar, США) и 0,02 % этилендиаминтетрауксусной кислоты (Sigma-Aldrich Co, США). Чистота всех используемых в ходе анализа реагентов соответствовала категории не ниже HPLC-grade.

Для контроля качества за точностью и воспроизводимостью химического анализа использовались стандартные образцы биообразцов волос и цельной крови GBW09101 (Shanghai Institute of Nuclear Research, КНР) (табл. 2), ClinCheck Whole Blood Control, lot 227 (Recipe Chemicals + Instruments GmbH, Германия), level I (табл. 3) и level III (табл. 4).

Результаты определения химических элементов в волосах и цельной крови сравнивались с нормативами, разработанными в АНО «Центр биотической медицины» и сопоставимыми с другими источниками [12, 15].

В работе использовано нормирование содержания химических элементов в биосубстратах, основанное на определении биологически допустимого уровня (БДУ) согласно методическим рекомендациям «Скрининговые методы для выявления групп повышенного риска среди рабочих, контактирующих с токсичными химическими элементами», а также условного биологически допустимого уровня (УБДУ) в соответствии с медицинской технологией «Выявление и коррекция нарушений минерального обмена организма человека» (зарегистрирована в Росздравнадзоре 09.07.2007, рег. уд. №ФС-2007/128). УБДУ представляют собой эмпирически установленные на основании многолетних клинических наблюдений уровни содержания химических элементов в волосах, при которых отмечаются специфические изменения в состоянии здоровья, заболеваемости людей. Практически условный биологически допустимый уровень (УБДУ) соответствует верхнему или нижнему нормативу физиологического содержания элемента.

Математическая обработка полученных данных проводилась с применением пакета программных приложений Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corp., США) и интегрированного пакета статистических программ STATISTICA 8.0

(StatSoft Inc., США). Ввиду того, что распределение значений изучаемых признаков в выборке оказалось отличным от нормального, в работе при математической обработке результатов исследования использовали методы непараметрической описательной статистики и сравнения групп. Сравнение выборок проводили с использованием U-критерия Манна–Уитни.

### **Результаты и обсуждение**

Проведенный биоинформационный анализ результатов определения химических элементов в образцах волос и крови жителей Якутии показал, что элементный профиль населения обследованных населенных пунктов дисбалансирован по целому ряду химических элементов.

Встречаемость отклонений в элементном статусе (выхода полученных значений содержания химических элементов за пределы БДУ/УБДУ) представлена в таблицах 5 и 6.

Установлен ряд дисбалансов (дефицитов или избытков) содержания химических элементов в волосах, характерных для всех обследованных населенных пунктов. Так, для жителей, независимо от места проживания, свойственно относительно сниженное содержание в волосах Cu, I, Se, Zn (более 20 %) и относительно повышенное содержание Mn (особенно с. Сьюльдюкар, где встречаемость избытка данного элемента в волосах превышала 40 %), Ni, Cr, Fe.

В отличие от волос, существенных различий в концентрациях химических элементов в плазме крови не обнаружено. Это является отражением выраженного гомеостатического контроля за химическим составом внутренней среды организма и подтверждает представление о том, что элементный анализ плазмы крови является клиническим показателем, а анализ волос – предпочтителен в гигиенической донозологической диагностике [14]. Полученные многочисленными авторами результаты позволяют предположить, что разность эта является следствием различий по отношению к пулу химических элементов в организме человека, которые отражают данные биосубстраты (плазма крови – динамический индикатор, отражает кратковременные и недавние по времени поступления химических элементов; волосы – индикатор долговременных, хронических изменений элементного статуса, вызываемых систематическими изменениями в поступлении химических элементов извне или нарушением их обмена внутри организма человека) [4, 10].

Таблица 3

**Результаты определения элементного состава  
стандартного образца ClinCheck Whole Blood Control,  
lot 227, level I (Recipe Chemicals + Instruments GmbH, Германия)**

Table 3

**The results of the elemental composition test  
of the ClinCheck Whole Blood Control standard sample,  
lot 227, level I (Recipe Chemicals + Instruments GmbH, Germany)**

Элемент	Аттестованное значение	Допустимый интервал		Полученное значение	
		от	до	Стандартное отклонение	Среднее значение
As	0,00552	0,00442	0,00662	0,0007	0,0067
Cd	0,00132	0,00106	0,00156	0,0002	0,0015
Co	0,0019	0,00152	0,00228	0,0002	0,0017
Cr	0,00169	0,00135	0,00203	0,0005	0,0024
Cu	0,689	0,551	0,827	0,045	0,675
Hg	0,00149	0,000969	0,00201	0,0004	0,002
K	1230	1110	1350	74	1170
Mg	26,7	24	29,4	1,8	28,92
Mn	0,00787	0,0063	0,00944	0,001	0,0095
Ni	0,0019	0,00152	0,00228	0,0003	0,0035
Pb	0,0584	0,0467	0,0701	0,0041	0,0582
Se	0,0743	0,0594	0,0892	0,0083	0,0692
Zn	4,63	3,94	5,32	0,12	4,82

Таблица 4

**Результаты определения элементного состава  
стандартного образца ClinCheck Whole Blood Control,  
lot 227, level III (Recipe Chemicals + Instruments GmbH, Германия)**

Table 4

**The results of the elemental composition test  
of the ClinCheck Whole Blood Control standard sample,  
lot 227, level III (Recipe Chemicals + Instruments GmbH, Germany)**

Элемент	Аттестованное значение	Допустимый интервал		Полученное значение	
		от	до	Стандартное отклонение	Среднее значение
As	0,0196	0,0157	0,0235	0,0023	0,0226
Cd	0,00654	0,00523	0,00785	0,0005	0,0067
Co	0,0136	0,0109	0,0163	0,001	0,0123
Cr	0,0119	0,00952	0,0143	0,003	0,0133
Cu	1,61	1,37	1,85	0,11	1,6
Hg	0,00798	0,00638	0,00958	0,001	0,0095
K	1990	1790	2190	81	1972
Mg	42,5	38,3	46,8	2,08	45,57
Mn	0,0199	0,0159	0,0239	0,0038	0,023
Ni	0,0138	0,011	0,0166	0,0017	0,0155
Pb	0,427	0,363	0,491	0,028	0,426
Se	0,162	0,13	0,194	0,007	0,169
Zn	8,02	6,82	9,22	0,28	8,3

Таблица 5

**Встречаемость повышенного содержания химических элементов  
в волосах жителей Якутии, % от количества обследованных**

Table 5

**Encounter rates of an increased content of chemical elements  
in the hair of residents of Yakutia (% of the number of examined)**

Элемент	Населенные пункты					
	Все обследованные	Вилючан	Кюндядя	Малыкай	Сюльдюкар	Хоро
Al	1,0	0	2,4	1,3	0	1,0
Cd	1,8	2,7	4,7	1,3	0	0
Co	0,2	0	0	0	0	1,0
Cr	7,4	7,1	3,5	8,7	7,3	9,2
Cs	–	–	–	–	–	–
Cu	0,6	0	1,2	0,7	0	1,0
Fe	8,2	2,7	10,6	8	0	17,3
I	0,6	0	1,2	0	1,8	1,0
Mn	21,4	17,7	8,2	27,3	45,5	14,3
Ni	7,4	10,6	3,5	0	0	22,4
Pb	4,0	6,2	2,4	2,7	0	7,1
Se	0,8	0	1,2	0,7	1,8	1,0
Sr	–	–	–	–	–	–
U	–	–	–	–	–	–
Zn	1,8	2,7	0	0,7	7,3	1,0
Zr	–	–	–	–	–	–

Таблица 6

**Встречаемость пониженного содержания химических элементов  
в волосах жителей Якутии, % от количества обследованных**

Table 6

**Encounter rates of a low content of chemical elements  
in the hair of residents of Yakutia (% of the number of examined)**

Элемент	Населенные пункты					
	Все обследованные	Вилючан	Кюндядя	Малыкай	Сюльдюкар	Хоро
Al	–	–	–	–	–	–
Cd	–	–	–	–	–	–
Co	0,2	0	0	0,7	0	0
Cr	0	0	0	0	0	0
Cs	–	–	–	–	–	–
Cu	60,1	69,0	47,1	72,7	70,9	35,7
Fe	0,8	1,8	0	0,7	1,8	0
I	27,1	23,0	34,1	42,7	10,9	11,2
Mn	0	0	0	0	0	0
Ni	–	–	–	–	–	–
Pb	–	–	–	–	–	–
Se	33,3	47,8	2,4	43,3	32,7	28,6
Sr	–	–	–	–	–	–
U	–	–	–	–	–	–
Zn	41,7	46,0	29,4	45,3	40,0	42,9
Zr	–	–	–	–	–	–

Таким образом, результаты анализа волос выявили высокую встречаемость у населения избыточного уровня Mn и в отдельных населенных пунктах – Ni. Кроме того, следует обратить внимание на распространенность избыточного содержания Pb и Cd в отдельных населенных пунктах. Хотя встречаемость отклонений в данном случае не превышает 10 %, тем не менее, учитывая высокую токсичность этих тяжелых металлов, превышение у населения в 4–7 % случаев может рассматриваться как уровень обеспокоенности. Но не следует исключать вероятность попадания этих элементов во внутреннюю среду с бытовыми аэрозолями и пищевыми продуктами, курением.

В то же время, у обследованных жителей регистрируется высокая встречаемость пониженного содержания в волосах целого ряда эссенциальных элементов, прежде всего Cu, Se и Zn. Дисбаланс Zn обычно ассоциируется с повышенной частотой инфекционных заболеваний, новообразований, болезней эндокринной и нервной систем, кожи и ее придатков, расстройств поведения и психики, пороков развития [19–25]. Недостаток селена (при содержании 0,05 мкг/г и ниже) в волосах респондентов проявлял ассоциативную связь с частотой заболеваемости, что отражалось в росте частоты инфекционных заболеваний. Это согласуется с современными представлениями о биологической роли селена [16, 18, 24].

Республика Саха (Якутия) является по своим биогеохимическим характеристикам уникальным регионом Российской Федерации [5, 7]. Сезонное протаивание почвогрунтов изменяется от десятка сантиметров на севере до 2–3 м на юге. Почвы Якутии характеризуются недостатком кальция, фосфора, калия, кобальта, меди, йода, молибдена, бора, цинка, достаточным количеством марганца и относительным избытком стронция, особенно по речным поймам [7]. Почвы и донные отложения Лено-Вилюйского водораздела дефицитны содержанием меди, бора и молибдена и обогащены марганцем, железом и кобальтом [11]. Донные отложения вследствие своих высоких сорбционных свойств могут рассматриваться как интегральный индикатор техногенной нагрузки на гидросферу, и их изучению следует отводить важное место в общей системе наблюдений за состоянием водной среды. Состав озерной и речной воды в целом характери-

зуется низкой минерализацией и малым содержанием фтора, меди и молибдена, снижением интенсивности водной миграции цинка, марганца и меди, повышением миграционной активности олова, ванадия и калия. Соответственно, в таких условиях существенно снижается содержание кальция, фосфора, хлора и магния в местных кормовых растениях [11].

### Заключение

Оценка обнаруженных нами изменений содержания микроэлементов может быть двойкой. С одной стороны, уменьшение или увеличение содержания химических элементов может быть обусловлено изменениями в окружающей среде региона. С другой стороны, те или иные заболевания, вызывающие нарушение усвоения химических элементов или их выведения, могут сопровождаться изменениями элементного статуса организма. Для элементов, содержание которых в организме коррелирует с их содержанием в окружающей среде, предположение о патогенетическом значении дисэлементозов является наиболее вероятным. Дисбаланс элементов, независимо от его причин, может быть самостоятельным патогенетическим фактором, поскольку известна важнейшая роль макро- и микроэлементов в процессах жизнедеятельности организма.

Результаты исследования показывают, что микроэлементный профиль жителей Вилюйского региона имеет свои характерные черты, которые могут быть связаны с особенностями химического состава почв и речного бассейна на территории проживания.

Таким образом, результаты эколого-физиологических исследований свидетельствуют о необходимости комплексного подхода при оценке состояния здоровья и уровня функциональных резервов организма человека, их связи с факторами окружающей среды, социально-экономическими условиями и образом жизни, наличием вредных привычек, культурой и традициями коренного населения, его отношением к своему здоровью.

### Список литературы / References

1. Агаджанян Н.А., Гомбоева Н.Г. *Адаптация, экология и здоровье населения различных этнических групп Восточного Забайкалья*. Новосибирск: Изд-во СО РАН, Чита: ЗабГПУ; 2005. 152 с.

[Agadzhanyan N.A., Gomboeva N.G. *Adaptation, ecology and health of the population of various ethnic groups of Eastern Transbaikalia*. Novosibirsk: Publishing House of the SB RAS, Chita: Transbaikal State University; 2005. 152 p. (In Russ.)]

2. Алексеев В.П., Кривошапкин В.Г., Макаров В.Н. *Атлас: география Вилуйского энцефаломиелимита*. Якутск; 2000. 107 с.

[Alekseev V.P., Krivoshapkin V.G., Makarov V.N. *Atlas: geography of Vilyuisk encephalomyelitis*. Yakutsk; 2000. 107 p. (In Russ.)]

3. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю., Намазова-Баранова, Терлецкая Р.Н. *Состояние здоровья детей в современной России*. М.: ООО Издательство «Педиатръ»; 2018. 120 с.

[Baranov A.A., Albitskiy V.Yu., Namazova-Baranova, Terletskaaya R.N. *The state of children's health in modern Russia*. М.: Publishing House «Pediatri»; 2018. 120 p. (In Russ.)]

4. Бекетова Г.В., Горячева И.П. Цинк и его влияние на здоровье человека в условиях пандемии COVID-19: что нового? *Педиатрия. Восточная Европа*. 2021;9(1):8–20.

5. [Beketova G.V., Goryacheva I.P. Zinc and its impact on human health in the context of the COVID-19 pandemic: what's new? *Pediatrics. Eastern Europe*. 2021;9(1):8–20. (In Russ.)]

6. Григорьева А.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды в условиях криолитозоны. *Проблемы региональной экологии*. 2018; (6):51–58.

[Grigorieva A.A. Heavy metals as a factor of environmental pollution in cryolithozone conditions. *Regional Environmental Issues*. 2018;(6):51–58. (In Russ.)]

7. Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Тутьянян В.А., Скальный А.В., Демидов В.А., Скальная М.Г., Серебрянский Е.П., Грабеклис А.Р., Кузнецов В.В. *Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией: Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03)*. М.: ФЦГСН России; 2003. 56 с.

[Ivanov S.I., Podunova L.G., Skachkov V.B., Tutelyan V.A., Skalnyu A.V., Demidov V.A., Skalnaya M.G., Serebryanskiy Ye.P., Grabeklis A.R., Kuznetsov V.V. *Determination of chemical elements in biological media and preparations by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma and mass spectrometry: Guidelines (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03)*. М.: FTsGSN Rossii; 2003. 56 p. (In Russ.)]

8. Ковальский В.В. *Геохимическая экология*. М.: Наука; 1974. 300 с.

[Kovalskiy V.V. *Geochemical ecology*. М.: Nauka; 1974. 300 p. (In Russ.)]

9. Копач А.Е., Федорив О.Е., Мельник Н.А. Эффекты влияния меди и цинка на живые организмы (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2021;100(2): 172–177. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-2-172-177>

[Kopach A.Y., Fedoriv O.Y., Melnyk N.A. Effects of the influence of copper and zinc on living organisms (literature review). *Hygiene and Sanitation*. 2021;100(2): 172–177]. (In Russ.) <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-2-172-177>

10. Кривошапкин, В.Г., Мордовская В.И. Изменение традиционного питания как фактор риска формирования хронических неинфекционных заболеваний у коренного населения Республики Саха (Якутия). *Материалы 13 международного конгресса по приполярной медицине*. г. Новосибирск: СО РАМН; 2006: 151–152.

[Krivoshapkin, V.G., Mordovskaya V.I. Changing the traditional diet as a risk factor for the formation of chronic non-communicable diseases in the indigenous population of the Republic of Sakha (Yakutia). *Proceedings of the 13th International Congress on Circumpolar Medicine*. Novosibirsk: SO RAMN; 2006:151–152. (In Russ.)]

11. Музыко Е.А., Лашенова Л.И., Ткачева Г.А., Перфилова В.Н. Дисбаланс микроэлементов во время беременности как фактор развития патологий у детей. *Микроэлементы в медицине*. 2021;22(3):15–26. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2021-22-3-15-26>

[Muzyko E.A., Laschenova L.I., Tkacheva G.A., Perfilova V.N. Imbalance of trace elements during pregnancy as a factor of the development of pathologies in children. *Trace elements in medicine*. 2021;22(3):15–26. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2021-22-3-15-26>

12. Саввинов Д.Д., Сазонов Н.Н. *Микроэлементы в северных экосистемах*. Новосибирск: Наука; 2006. 208 с.

[Savvinov D.D., Sazonov N.N. *Trace elements in northern ecosystems*. Novosibirsk: Nauka; 2006. 208 p. (In Russ.)]

13. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий». <https://base.garant.ru/400289764/>

[SanPiN 2.1.3684-21 «Sanitary and epidemiological requirements for the maintenance of urban and rural settlements, for water bodies, drinking water and drinking water supply, atmospheric air, soils, residential premises, operation of industrial, public premises, organization and conduct of sanitary and anti-epidemic (preventive) measures». (In Russ.)] <https://base.garant.ru/400289764/>

14. Скальный А.В. *Медицинская элементология*. Учебное пособие / А.В. Скальный, М.Г. Скальная, А.А. Киричук, А.А. Тиньков. М.: РУДН; 2018. 222 с.  
[Skalnuu A.V. *Medical elementology*. Study guide / A.V. Skalnuu, M.G. Skal'naya, A.A. Kirichuk, A.A. Tinkov. M.: Izd-vo RUDN; 2018. 222 p. (In Russ.)]
15. Скальная М.Г. *Гигиеническая оценка влияния минеральных компонентов рациона питания и среды обитания на здоровье населения мегаполиса*: Автореферат дис. доктора мед. наук. Москва; 2005. 42 с.  
[Skalnaya M.G. *Hygienic assessment of the influence of mineral components of the diet and habitat on the health of the population of the metropolis*: Abstr. ... Diss. Doct. Sci., Moscow; 2005. 42 p. (In Russ.)]
16. Скальный А.В., Скальная М.Г., Дубовой Р.М., Демидов В.А., Нотов О.С. *Выявление и амбулаторная коррекция нарушений минерального обмена. Методические рекомендации*. РОСМЭМ. Москва: ООО «Петрораш»; 2009. 41 с.  
[Skalnuu A.V., Skal'naya M.G., Dubovoy R.M., Demidov V.A., Notov O.S. *Detection and outpatient correction of mineral metabolism disorders*. Methodological recommendations. ROSMAN. Moscow: ООО «Petro-rush»; 2009. 41 p. (In Russ.)]
17. Тутельян В.А., Княжев В.А., Хотимченко С.А., Голубкина Н.А., Кушлинский Н.Е., Соколов Я.А. *Селен в организме человека: метаболизм, антиоксидантные свойства, роль в канцерогенезе*. М.: Изд. РАМН; 2002. 224 с.  
[Tutelyan V.A., Knyazhev V.A., Khotimchenko S.A., Golubkina N.A., Kushlinskiy N.Ye., Sokolov Ya.A. *Selenium in the body human: metabolism, antioxidant properties, role in carcinogenesis*. M.: RAMN; 2002. 224 p. (In Russ.)]
18. *Физическое развитие детей и подростков Российской Федерации*: учебное пособие. В.Р. Кучма, Н.А. Скоблина, О.Ю. Милушкина [и др.]. Выпуск VII. М.: Изд-во «Литтерра», 2019. 176 с.  
[*Physical development of children and adolescents of the Russian Federation*: textbook. V.R. Kuchma, N.A. Skoblina, O.Yu. Milushkina [et. al.]. Issue VII. M.: Izd-vo «Litterra», 2019. 176 p. (In Russ.)]
19. D'Oría L., Apicella M., De Luca C., Licameli A., Neri C., Pellegrino M., Simeone D., De Santis M. Chronic exposure to high doses of selenium in the first trimester of pregnancy: Case report and brief literature review. *Birth Defects Res.* 2018; 110(4):372–375. <https://doi.org/10.1002/bdr2.1148>
20. Duydu Y., Başaran N., Üstündağ A., Aydın S., Yalçın C.Ö., Anlar H.G., Bacanlı M., Aydos K., Atabekoğlu C.S., Golka K., Ickstadt K., Schwerdtle T., Werner M., Meyer S., Bolt H.M. Birth weights of newborns and pregnancy outcomes of environmentally boron-exposed females in Turkey. *Arch. Toxicol.* 2018;92(8):2475–2485. <https://doi.org/10.1007/s00204-018-2238-4>
21. Fedoriv O.E., Kopach O.E., Melnyk N.A., Lototska O.V., Lototsky V.V. Influence of nanoparticles of lead on the organism of suspicious animals when using water with content of sodium and sunpate stearates. *World Med. Biol.* 2019; 68(2):199–204. <http://dx.doi.org/10.26724/2079-8334-2019-2-68-199-204>
22. Herlin M., Broberg K., Igra A.M., Li H., Harari F., Vahter M. Exploring telomere length in mother-newborn pairs in relation to exposure to multiple toxic metals and potential modifying effects by nutritional factors. *BMC Medicine.* 2019;17(1):77. <https://doi.org/10.1186/s12916-019-1309-6>
23. Hjelm C., Harari F., Vahter M. Pre- and postnatal environmental boron exposure and infant growth: Results from a motherchild cohort in northern Argentina. *Environmental Research.* 2019;171:60–68. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.01.012>
24. Ovayolu A., Ovayolu G., Karaman E., Yuce T., Ozek M.A., Turksoy V.A. Amniotic fluid levels of selected trace elements and heavy metals in pregnancies complicated with neural tube defects. *Congenital Anomalies (Kyoto).* 2019;60(5):136–141. <https://doi.org/10.1111/cga.12363>
25. Shu Y., Wu M., Yang S., Wang Y., Li H. Association of dietary selenium intake with telomere length in middle-aged and older adults. *Clinical Nutrition.* 2020; 39(10):3086–3091. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2020.01.014>
26. Vahter M., Broberg K., Harari F. Placental and Cord Blood Telomere Length in Relation to Maternal Nutritional Status. *The Journal of Nutrition.* 2020; 150(10):2646–2655. <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa198>

#### Об авторах

ПЕТРОВА Пальмира Георгиевна, доктор медицинских наук, профессор, <https://orcid.org/0000-0003-3108-9530>, e-mail: mira44@mail.ru

БОРИСОВА Наталья Владимировна, доктор медицинских наук, зав. кафедрой, <https://orcid.org/0000-0001-9583-3424>, e-mail: Borinat@yandex.ru

#### Аффилиация

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, медицинский институт, 677016, г. Якутск, ул. Ойунского, 27, Российская Федерация

*About the authors*

PETROVA, Palmira Georgievna, Dr. Sci. (Medicine), Professor, [https://orcid.org/ 0000-0003-3108-9530](https://orcid.org/0000-0003-3108-9530), e-mail: mira44@mail.ru

BORISOVA, Natalia Vladimirovna, Dr. Sci. (Medicine), Head of the Department, <https://orcid.org/0000-0001-9583-3424>, e-mail: Borinat@yandex.ru

*Affiliation*

Ammosov North-Eastern Federal University, Medical Institute, 27 Ojunsogo st., Yakutsk 677016, Russian Federation

*Поступила в редакцию / Submitted 08.00.2022*

*Поступила после рецензирования / Revised 05.10.2022*

*Принята к публикации / Accepted 25.10.2022*