

© Казимов М.А., Алиева Н.В., Фатуллаева С.Ф., Али Ф.М., 2020

УДК 614.78 + 546.3 + 576.75

Гигиеническая оценка уровня тяжелых металлов в биосредах населения города Баку

М.А. Казимов, Н.В. Алиева, С.Ф. Фатуллаева, Ф.М. Али

Азербайджанский медицинский университет, ул. Э.Гасумзаде, 14, г. Баку, AZ 1022, Азербайджан

Резюме: Целью исследования явилось определение некоторых тяжелых металлов в биосредах людей и установление гигиенической значимости полученных данных для выявления возможного риска подверженности организма неблагоприятному воздействию и оценки уровня загрязнения объектов окружающей среды наблюдаемых районов тяжелыми металлами. *Материалы и методы.* Исследования проведены в разных районах города Баку. Методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии были определены концентрации ряда тяжелых металлов (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu и Zn) в крови и волосах людей, а также в пробах почвы селитебной, промышленной и пригородной зон города. *Результаты обсуждения.* Установлены разные уровни содержания тяжелых металлов в исследуемых биоматериалах людей в зависимости от района проживания. Наибольшие величины были характерны для людей, проживающих в промышленной зоне. Вместе с тем концентрации металлов в крови людей не превышали соответствующих допустимых величин независимо от района проживания. Наряду с этим показатели содержания металлов в волосах в зависимости от района проживания людей имели иную картину. Так, содержание Pb, Cd и Cr в волосах превышало минимальные величины их референтных уровней у обследованных лиц всех наблюдаемых районов, а содержание Ni, Cu и Zn в волосах оказалось статистически значимо больше нормативных уровней в волосах людей, проживающих в селитебной и промышленной зонах города. Следовательно, концентрации всех исследуемых металлов в волосах жителей селитебной и промышленной зон города существенно превышали соответствующие референтные уровни, и эти величины коррелировали ($r=0,90-0,99$) с высокими концентрациями металлов в почве указанных районов. *Выводы.* Результаты исследования дают основание отметить, что значительное превышение соответствующих гигиенических нормативов содержания тяжелых металлов и в волосах людей, и в почве территорий их проживания указывает на определенный риск развития экологически обусловленных патологий, связанных с избыточным поступлением токсичных металлов в организм. При этом очевидна приоритетная значимость исследований волос как надежного диагностического материала для биологического мониторинга в гигиенических исследованиях.

Ключевые слова: тяжелые металлы, биоматериалы, кровь, волосы, Баку, селитебная зона, промышленная зона, почва.

Для цитирования: Казимов М.А., Алиева Н.В., Фатуллаева С.Ф., Али Ф.М. Гигиеническая оценка уровня тяжелых металлов в биосредах населения города Баку // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 3 (324). С. 22-26. DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-324-3-22-26>

Hygienic Assessment of Heavy Metal Levels in Biological Samples of the Population of Baku

М.А. Kazimov, N.V. Aliyeva, S.F. Fatullayeva, F.M. Ali

Azerbaijan Medical University, 14 E.Gasumzadeh Street, Baku, AZ 1022, Azerbaijan

Abstract: The aim of the study was to determine some heavy metals in human biological samples and to establish the hygienic significance of the obtained data in order to identify possible risks of adverse exposures and to assess the level of environmental pollution of the observed districts with heavy metals. *Materials and methods.* The studies were conducted in different areas of Baku. Concentrations of some heavy metals (Pb, Cd, Cr, Ni, Cu, and Zn) in human blood and hair, as well as in soil samples of residential, industrial and suburban areas were determined by atomic absorption spectrophotometry. *Results.* Different levels of heavy metals in the studied biological samples were established depending on the area of residence. The highest concentrations were registered in the people dwelling in the industrial area. At the same time, blood concentrations of metals did not exceed corresponding permissible values, regardless of the area of residence. Yet, metal concentrations in human hair with respect to the area of residence of our subjects followed a different pattern: concentrations of Pb, Cd, and Cr in hair exceeded the minimum values of their reference levels in the residents of all study areas while the concentrations of Ni, Cu, and Zn in hair turned out to be significantly higher than the regulatory levels in those living in the residential and industrial districts of the city. Consequently, the concentrations of all heavy metals measured in human hair of the people dwelling in the urban residential and industrial areas significantly exceeded the corresponding reference levels and correlated ($r = 0.90-0.99$) with high concentrations of those metals in local soils. *Conclusions.* The study results enabled us to conclude that a significant excess of the relevant hygienic standards for heavy metals both in human hair and soil in the study areas posed a certain risk of developing environment-related diseases from high outdoor exposures to toxic metals. They also proved the priority importance of testing hair as a reliable diagnostic medium for biological monitoring in hygienic studies.

Key words: heavy metals, blood, hair, Baku, residential area, industrial area, soil.

For citation: Kazimov MA, Aliyeva NV, Fatullayeva SF, Ali FM. Hygienic assessment of heavy metal levels in biological samples of the population of Baku. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; 3(324):22-26. (In Russian) DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-324-3-22-26>

Information about the authors: Kazimov M.A., <https://orcid.org/0000-0002-2083-3777>; Aliyeva N.V., <https://orcid.org/0000-0002-9851-7639>; Fatullayeva S.F., <https://orcid.org/0000-0001-5359-404X>; Ali F.M., <https://orcid.org/0000-0001-6021-1529>.

Вопрос о действии на организм различных чужеродных веществ является актуальной гигиенической и экологической проблемой и постоянно находится в центре внимания специалистов. В числе вредных для организма химических веществ, формирующих риск здоровью населения, приоритетное место занимают тяжелые металлы, поступающие в окружающую среду из различных техногенных источников.

Эффект воздействия этих ксенобиотиков будет определяться их содержанием в объектах окружающей среды и уровнями экспозиции. Многие из тяжелых металлов обладают высокой миграционной способностью и склонностью к биоаккумуляции, что делает опасным для человека их присутствие в объектах среды обитания даже в низких концентрациях [1, 2]. Длительное поступление тяжелых металлов

в организм в концентрациях, не превышающих нормативных величин, может привести к их накоплению до критического уровня в отдельных тканях и органах и способствовать развитию соответствующего патологического состояния [3, 4]. В связи с этим определенное гигиеническое значение имеет установление содержания тяжелых металлов в организме путем определения их концентрации в биосредах. В зависимости от выбранного тест-биообъекта установленные величины содержания металлов в биообразцах могут проливать свет на уровни загрязнения объектов окружающей среды и давать основание прогнозировать состояние здоровья подвергающегося воздействию индивидуума или популяции¹ [5, 6].

Целью исследования явилось определение некоторых тяжелых металлов в биосредах людей и установление гигиенической значимости полученных данных для выявления возможного риска подверженности организма неблагоприятному воздействию и оценки уровня загрязнения тяжелыми металлами объектов окружающей среды наблюдаемых районов.

Материалы и методы. Исследования проведены среди населения, проживающего в разных районах (селитебная зона, промышленный район и пригородная зона) города Баку. В качестве биологических материалов для определения элементного статуса людей были использованы пробы цельной крови и волосы. Эти биологические субстраты широко используются в исследованиях при клинической диагностике различных заболеваний, сопровождающихся нарушением микроэлементного гомеостаза, для выявления избыточного или недостаточного поступления в организм минеральных веществ, изучения взаимодействия различных элементов в биологических структурах и др. [7–11].

Было изучено содержание Pb, Cd, Cr, Ni, Cu и Zn в крови и волосах у 57 человек обоего пола в возрасте 29–60 лет. Количество проб биоматериалов составило 91. Одновременно определялось содержание этих тяжелых металлов в 25 пробах почвы наблюдаемых районов, характеризующихся разной интенсивностью техногенного загрязнения, связанного с характером землепользования. Отбор проб почвы из выбранных точек, их химический анализ и гигиеническая оценка полученных результатов проведены в соответствии с утвержденными методическими документами^{2,3}.

Наряду с определением концентраций металлов в почве были рассчитаны коэффициенты их опасности путем сопоставления фактических концентраций металлов с их ПДК в почве по формуле:

$$K_{\text{опасн.}} = C_{\text{факт.}} / C_{\text{ПДК}}, \text{ где}$$

$K_{\text{опасн.}}$ — коэффициент опасности,

$C_{\text{факт.}}$ — фактическая концентрация,

$C_{\text{ПДК}}$ — предельно допустимая концентрация.

Исследования для определения содержания тяжелых металлов в пробах крови, волос и почвы

проводились методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Полученные результаты были подвергнуты статистической обработке с применением пакета статистических прикладных программ Statistica.

Результаты. Исследования показали различные величины концентраций отдельных металлов в биоматериалах обследованных людей, проживающих в одних и тех же районах. Например, как явствует из данных табл. 1, концентрации Pb, Cr и Ni в крови жителей селитебной зоны находились в пределах 0,11–0,18 мкг/л, а содержание кадмия было ниже более чем в 100 раз. Содержание же Cu и Zn было наибольшим, и находилось в пределах 0,54–0,65 мкг/л у жителей селитебной зоны. Аналогичная картина последовательности иерархического расположения элементов в ряду по их содержанию в крови ($Zn < Cu < Cr < Pb < Ni < Cd$) характерна также для других районов наблюдения.

При наличии практически одинаковой последовательности расположения металлов в иерархическом ряду для различных зон концентрации одного и того же металла в крови людей разных функциональных территорий города существенно различались. Так, концентрации Pb в крови жителей селитебной, промышленной и пригородной зон находились на уровне $0,15 \pm 0,026$; $0,20 \pm 0,011$ и $0,11 \pm 0,016$ мкг/л соответственно. Как видно, самый высокий уровень содержания Pb, а также других металлов в крови установлен у людей, проживающих в промышленном районе.

Что касается концентраций металлов в крови в сопоставлении с допустимыми показателями, то лишь у Cr содержание в крови населения селитебной зоны превышало нижний предел допустимой величины (табл. 1). В пробах крови жителей промышленной зоны отмечено превышение допустимого содержания Cr, Ni и Zn. Концентрации всех изучаемых металлов в крови населения пригородной зоны были ниже допустимых показателей.

Изучение содержания исследуемых тяжелых металлов в волосах (табл. 1) позволило установить, что концентрация Pb в волосах людей, проживающих в наблюдаемых районах, колебалась в пределах от 0,22 до 0,48 мкг/г при допустимой величине 0,1–5,0 мкг/г. Наибольшая концентрация Pb регистрировалась в волосах людей, проживающих в промышленном районе, характеризующемся сравнительно напряженной экологической ситуацией — $0,48 \pm 0,025$ мкг/г. Максимальные концентрации других металлов также регистрировались в волосах жителей промышленного района.

Сопоставление содержания металлов в волосах жителей разных районов с допустимыми уровнями в той же среде показало, что за исключением Zn содержание всех исследуемых тяжелых металлов превышало минимальные уровни нормируемых величин у жителей селитебной зоны. В отношении промышленной зоны такого исключения не существует, и

¹ МУ 2.1.10.2809–10 «Использование биологических маркеров для оценки загрязнения среды обитания металлами в системе социально-гигиенического мониторинга». М., 2011, 16 с.

² МУ 2.1.7.730–99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест». М.: Минздрав России, 1999, 42 с.

³ ГН 2.1.7.2041–06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 19 января 2006 года. М.: Минздрав России, 2006, 38 с.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в крови и волосах у людей, проживающих в наблюдаемых районах
Table 1. Human blood and hair concentrations of heavy metals in the study areas

Тяжелые металлы и биосреды / Heavy metals and biological samples		Зоны наблюдения и концентрации металлов / Study areas and metal concentrations			Допустимые уровни / Permissible levels [13, 14]
		селитебная зона / residential area	промышленная зона / industrial area	пригородная зона / suburban area	
Pb	кровь, мкг/л / blood, µg/L	0,15 ± 0,026	0,20 ± 0,011	0,11 ± 0,016	0,25*
	волосы, мкг/г / hair, µg/g	0,31 ± 0,023	0,48 ± 0,025	0,22 ± 0,08	0,1–5,0**
Cd	кровь, мкг/л / blood, µg/L	0,0012 ± 0	0,0033 ± 0	0,0008 ± 0	0,007
	волосы, мкг/г / hair, µg/g	0,12 ± 0,013	0,19 ± 0,044	0,06 ± 0,005	0,05–0,25
Cr	кровь, мкг/л / blood, µg/L	0,18 ± 0,07	0,42 ± 0,05	0,13 ± 0,02	0,1–0,5
	волосы, мкг/г / hair, µg/g	0,22 ± 0,018	0,31 ± 0,024	0,20 ± 0,012	0,1–2,0
Ni	кровь, мкг/л / blood, µg/L	0,11 ± 0	0,28 ± 0,017	0,08 ± 0	0,1–1,0
	волосы, мкг/г / hair, µg/g	0,15 ± 0,04	0,27 ± 0,012	0,08 ± 0,01	0,1–2,0
Cu	кровь, мкг/л / blood, µg/L	0,54 ± 0,032	0,67 ± 0,054	0,49 ± 0,08	0,75–1,30
	волосы, мкг/г / hair, µg/g	9,04 ± 0,69	14,20 ± 0,93	7,69 ± 0,37	7,5–20,0
Zn	кровь, мкг/л / blood, µg/L	0,65 ± 0,083	0,98 ± 0,028	0,51 ± 0,019	0,7–1,10
	волосы, мкг/г / hair, µg/g	87,72 ± 4,39	122,27 ± 4,87	77,67 ± 6,48	100–250

концентрации всех тяжелых металлов превышали нижние пределы допустимых величин. Двукратное превышение минимально допустимых уровней содержания Pb и Cr в волосах населения пригородной зоны (соответственно $0,22 \pm 0,08$ и $0,20 \pm 0,012$ мкг/г при минимальной норме для обоих металлов $0,10$ мкг/г) может свидетельствовать об одинаковых источниках их поступления в организм, в роли которых выступает автотранспорт.

Определенное гигиеническое значение имеет характер сопоставимости содержания исследуемых тяжелых металлов в образцах крови и волос. Выявлена большая их концентрация в волосах по сравнению с содержанием в крови, при этом разница оказалась статистически значимой. Как видно из рисунка, концентрации свинца (в качестве примера) в крови и волосах жителей селитебной зоны составляли соответственно $0,15 \pm 0,026$ мкг/л и $0,31 \pm 0,023$ мкг/г ($t = 4,70$; $p < 0,01$). По другим металлам установлена многократная разница их содержания в разных биоматериалах. Например, содержание меди в волосах (промышленная зона) более чем в 20 раз превышает ее концентрацию в крови (соответственно $14,20 \pm 0,93$ мкг/г и $0,67 \pm 0,054$ мкг/л; $t = 15,59$; $p < 0,001$).

По нашему мнению, уровни содержания металлов в крови характеризуют их циркулирующую часть, зависящую от уровня всасывания из мест поступления в организм (желудочно-кишечного тракта, легких) в момент взятия пробы. Концентрации же в волосах отражают характер и величины длительной аккумуляции в органах и тканях, выполняющих для них функции депо. Поэтому можно считать закономерным наличие высоких концентраций металлов в волосах по сравнению с кровью. Содержание металлов в волосах, превышающее принятые физиологические нормативы, может свидетельствовать и о превышении уровня в организме, представляющем определенный риск для здоровья и перспективы для долгосрочного ухудшения здоровья населения при длительном проживании на экологически неблагоприятных территориях.

Для выяснения причин наблюдаемых различий в уровнях содержания тяжелых металлов в

биосредах людей разных районов проживания были рассмотрены результаты определения этих металлов в почве соответствующих районов (табл. 2), учитывая тот факт, что почва является основной средой аккумуляции металлов и их соединений среди всех объектов окружающей среды¹. Полученные данные свидетельствуют, прежде всего, о разных уровнях содержания металлов в пробах почвы, взятых с территорий наблюдаемых зон. Максимальные уровни концентраций металлов соответствуют промышленной зоне. Например, содержания Pb в пробах почв селитебной, промышленной и пригородной зон составляли соответственно $13,56 \pm 0,85$ мг/кг, $37,66 \pm 2,78$ мг/кг и $9,46 \pm 0,53$ мг/кг. Аналогичная картина количественного распределения в почвах характерна для всех исследуемых металлов.

При рассмотрении коэффициентов опасности металлов установлено, что в почвах селитебной зоны и промышленного района концентрации исследуемых тяжелых металлов превышают ПДК в определенных пределах (табл. 2). Степень превышения, отражающая величину опасности загрязнения почвы, является наибольшей у Cr, Cu, Ni и Zn. Эти данные

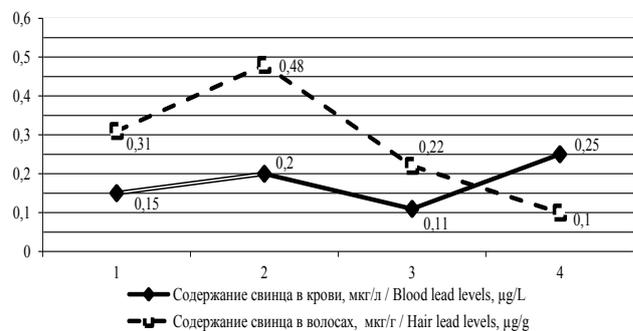


Рисунок. Содержание свинца в крови и волосах людей разных районов города; на оси абсцисс — районы наблюдения и нормативные величины; на оси ординат — концентрация свинца; 1 — селитебная зона, 2 — промышленная зона, 3 — пригородная зона, 4 — нормативные величины

Figure. Lead concentrations in blood and hair of the people from different study areas.

Notes: on the X axis — study areas and standard values; on the Y axis — lead concentrations; 1 — residential area, 2 — industrial area, 3 — suburban area, 4 — standard values

Таблица 2. Фактические уровни ($C_{\text{факт}}$, мг/кг) и коэффициенты опасности ($K_{\text{оп}}$) содержания металлов в почвах исследуемых зон города

Table 2. Measured concentrations of heavy metals in soils (C , mg/kg) and hazard quotients (HQ) in the study areas

Тяжелые металлы / Heavy metals	Показатели / Indicators	Зоны наблюдения и концентрации металлов / Study areas and metal concentrations			$C_{\text{ПДК}} / C_{\text{МРС}}$ [12]
		селитебная зона / residential area	промышленная зона / industrial area	пригородная зона / suburban area	
Pb	$C_{\text{факт}} / C$	13,56 ± 0,85	37,66 ± 2,78	9,46 ± 0,53	32,0
	$K_{\text{оп}} / \text{HQ}$	0,42	1,18	0,30	–
Cd	$C_{\text{факт}} / C$	2,52 ± 0,024	2,58 ± 0,042	0,79 ± 0,013	2,0
	$K_{\text{оп}} / \text{HQ}$	1,26	1,25	0,40	–
Cr	$C_{\text{факт}} / C$	42,71 ± 2,83	55,97 ± 5,32	11,78 ± 1,38	6,0
	$K_{\text{оп}} / \text{HQ}$	7,12	9,33	1,96	–
Ni	$C_{\text{факт}} / C$	14,49 ± 0,88	16,69 ± 2,84	7,29 ± 0,51	4,0
	$K_{\text{оп}} / \text{HQ}$	3,62	4,17	1,82	–
Cu	$C_{\text{факт}} / C$	27,38 ± 1,67	48,92 ± 3,76	15,08 ± 0,87	3,0
	$K_{\text{оп}} / \text{HQ}$	9,13	16,31	5,02	–
Zn	$C_{\text{факт}} / C$	31,28 ± 2,19	68,59 ± 3,73	24,19 ± 1,53	23,0
	$K_{\text{оп}} / \text{HQ}$	1,36	2,98	1,05	–

Таблица 3. Коэффициенты корреляции между содержанием металлов в почве и в биоматериалах людей, проживающих в наблюдаемых районах

Table 3. Coefficients of correlation between metal concentrations in soil and human biological samples in the study areas

Металлы / Metals	Величины коэффициентов корреляции / Correlation coefficients	
	почва – волосы / soil – hair	почва – кровь / soil – blood
Pb	0,47	0,04
Cd	0,87	0,64
Cr	0,92	0,38
Ni	0,90	0,77
Cu	0,98	0,99
Zn	0,99	0,98

совпадают с результатами определения металлов в биосредах, о чем свидетельствуют высокие положительные коэффициенты корреляции между содержанием металлов в почве и биоматериалах людей (крови и волосах) (табл. 3). Более существенные связи проявляются между концентрациями металлов в почвах различных районов города и в волосах людей, проживающих в этих районах. Следовательно, очевидно приоритетная значимость волос как надежного диагностического материала для биологического мониторинга в гигиенических исследованиях.

Соизмеримость содержания исследуемых металлов в волосах людей и в почве свидетельствует о том, что поступившие из различных техногенных источников в окружающую среду металлы в конечном итоге аккумулируются в почве, которая впоследствии становится источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, воды и продуктов питания, с которыми металлы поступают в организм. Следовательно, превышение соответствующих гигиенических нормативов содержания тяжелых металлов в биоматериалах, в частности, в волосах людей, и в почве территорий их проживания указывает на определенный риск развития экологически обусловленных патологий, связанных с избыточным поступлением токсичных металлов в организм.

Выводы. 1. Выявленные в крови городского населения концентрации исследуемых тяжелых

металлов не превышают максимальных пределов установленных референтных уровней независимо от района проживания. Превышение нижних границ нормативного диапазона уровней металлов в крови установлено со стороны Cr у жителей селитебной и промышленной зон, а со стороны Ni и Zn – только у жителей промышленной зоны.

2. Концентрации всех изученных металлов в волосах жителей селитебной и промышленной зон превышают нижние пределы их нормативных уровней.

3. Установленные величины содержания металлов в образцах почвы селитебной (за исключением Pb) и промышленной зон превышают соответствующие ПДК в почве.

4. Концентрации тяжелых металлов в волосах, указывающие на состояние элементного статуса организма людей и отражающие их содержание в почве, могут послужить тест-средой для оценки риска развития экологически обусловленных микроэлементозов и мониторинга состояния загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами.

Список литературы

1. Климов И.А., Трифонова Т.А. Изучение накопления тяжелых металлов в волосах детей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, № 5-2. С. 366–368.
2. Скальный А.В., Скальная М.Г., Лакарова Е.В., и др. Методы исследования элементного состава организма: теоретические и прикладные аспекты // Микроэлементы в медицине. 2012. № 13 (3). С. 14–18
3. Артеменков А. А. Проблема профилактики эндемических заболеваний и микроэлементозов у человека // Профилактическая медицина. 2019. № 22(3). С. 92–100. DOI:10.17116/profmed20192203192
4. Матвейко Н.П., Протасов С.К., Садовский В.В. Определение тяжелых металлов в волосах человека // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2013. № 2 (25). С. 95–98
5. Купчик Е.Ю. Содержание некоторых микроэлементов в биосубстратах людей, проживающих в г. Чернигове // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Хімія. 2015. № 1 (33). С. 39–44
6. Полянская И.С. Новая классификация биоэлементов в биоэлементологии // Молокохозяйственный вестник. 2014. № 1 (13). С. 34–42

7. Дубовая А.В., Сухарева Г.Э. Содержание эссенциальных и условно эссенциальных химических элементов в интраоперационных биоптатах детей с врожденными пороками сердца и аритмией // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2018. № 7 (2). С. 112–120. DOI: 10.17802/2306-1278-2018-7-2-112-120
8. Жуковская Е.В., Бондаренко В.П., Карелин А.Ф. Предпосылки изучения содержания микроэлементов в биосубстратах у детей и подростков с онкологическими заболеваниями в период реабилитации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 9–3. С. 365–368. DOI: 10.17116/sudmed201558230-31
9. Ковалев А.В., Богомолов Д.В., Кульбицкий Б.Н. и др. Иммуногистохимическое исследование структур проводящей системы сердца при смерти от алкогольной кардиомиопатии // Судебно-медицинская экспертиза. 2015. Т. 58, № 2. С. 30–31
10. Мартинчик А.Н., Шеповальников В.Н., Пескова Е.В. и др. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и плазме крови населения приуральского района // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 1 (81). С. 146–152
11. Скальный А.В. Микроэлементы для вашего здоровья. М.: «Оникс – 21 век», 2003, 238 с.
5. Kupchik EYu. The contents of some microelements in biosubstrates people living in Chernigiv City. *Naukovii visnik Uzhgorodskogo universitetu. Seriya: Khimiya*. 2015; 33(1):39-44. (In Ukrainian).
6. Polyanskaya IS. New classification of bio-elements in bio-elementology. *Molochnokhozyaystvennyy Vestnik*. 2014; 31(1):34-42. (In Russian).
7. Dubovaya AV, Sukhareva GE. Levels of essential and conditionally essential nutrients in the intraoperative biopsy specimens of children with congenital heart disease and heart rhythm disorders. *Kompleksnyye Problemy Serdechno-sosudistykh Zabolevaniy*. 2018; 7(2):112-120. (In Russian). DOI.org/10.17802/2306-1278-2018-7-2-112-120
8. Zhukovskaya EV, Bondarenko VP, Karelin AF. The background of study of trace elements content in biosubstrates of children and adolescents with oncological diseases in rehabilitation period. *Mezhdunarodnyy Zhurnal Prikladnykh i Fundamental'nykh Issledovaniy*. 2016; (9):365-368. (In Russian). DOI: 10.17116/sudmed201558230-31
9. Kovalev AV, Bogomolov DV, Kul'bitskij BN, et al. The immunohistochemical study of the structures of the cardiac conduction system in the case of death from alcoholic cardiomyopathy. *Sudebno-meditsinskaya Ekspertiza*. 2015; 58(2):30-31. (In Russian) DOI: 10.17116/sudmed201558230-31
10. Martinchik AN, Shepovalnikov VN, Peskova EV, et al. Contents of heavy metals in foods and blood serum of people living in Near Urals area of Yamal-Nenets Autonomous Okrug. *Problemy Arktiki i Antarktiki*. 2009; 81(1):146-152. (In Russian).
11. Skalny A.V. Trace elements for your health. Moscow: "ONIKS 21 vek" Publ. 2003. 238 p. (In Russian).

References

1. Klimov IA, Trifonova TA. Studying the accumulation of heavy metals in children's hair. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*. 2012; 14(5-2):366-368. (In Russian).
2. Skalny AV, Skalnaya MG, Lakarova EV, et al. Methods for investigation of elemental composition of the organism: theoretical and applied aspects. *Mikroelementy v Meditsine*. 2012; 13(3):14-18. (In Russian).
3. Artemenkov A. A. The problem of the prevention of endemic human diseases and microelementoses. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2019; 22(3):92-100. (In Russian). DOI:10.17116/profmed20192203192
4. Matveyko NP, Protasov SK, Sadovskiy VV. Determination of heavy metals in human hair. *Vestnik Vitebskogo Gosudarstvennogo Tekhnologicheskogo Universiteta*. 2013; 2(25):95-98. (In Russian).

Статья получена: 28.12.2019
Принята в печать: 28.02.2020



Контактная информация:

Казимов Мирза Агабаба оглы, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой Общей гигиены и экологии Азербайджанского медицинского университета
e-mail: kazimovmirza@rambler.ru

Corresponding author:

Mirza **Kazimov**, Professor, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of General Hygiene and Ecology, Azerbaijan Medical University
e-mail: kazimovmirza@rambler.ru