

DOI 10.25789/YMJ.2024.86.05

УДК 616.33-002:053.5/616.054

Г.Ф. Адиева, Т.К. Ларионова, Р.А. Даукаев, Г.Р. Аллаярова,
Е.Е. Зеленковская, С.Р. Афонькина, Э.Н. Усманова

ВОЗРАСТНЫЕ И ПОЛОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ЖИТЕЛЕЙ Г. УФЫ

Исследованы возрастные и половые особенности содержания макро- и микроэлементов в волосах жителей крупного промышленного города. Во всех возрастных группах в волосах и у мужчин, и у женщин выявлен дефицит цинка и меди на фоне избытков хрома, свинца и марганца. Выявлен недостаток кальция в волосах мужчин до 65 лет, у женщин он содержится в диапазоне референтных значений. Установлено превышение верхней границы допустимого содержания Ni у мужчин. Отмечается тенденция к более высокому накоплению кадмия, свинца и мышьяка в волосах у мужской части населения. У женщин старше 65 лет определены минимальные уровни эссенциальных элементов – кальция, магния, цинка и меди, у мужчин этого возраста – меди, железа и марганца. Токсичные элементы кадмий, свинец и мышьяк максимально накапливаются к 65 годам и старше.

Результаты исследования могут быть использованы как дополнительный метод для определения особенностей и времени появления различных заболеваний, а также для медицинской коррекции дисэлементозов, обогащения рационов необходимыми микронутриентами.

Ключевые слова: макроэлементы, микроэлементы, волосы, возраст, жители Уфы.

The age and sex characteristics of the content of macro- and microelements in the hair of residents of the large industrial city have been studied. In all age groups, zinc and copper deficiency was found in the hair of both men and women against the background of excess chromium, lead and manganese. A lack of calcium in the hair of men under 65 years of age was revealed, in women it is contained in a range of reference values. The upper limit of the acceptable Ni content in men has been exceeded. There is a tendency to a higher accumulation of cadmium, lead and arsenic in the hair of the male part of the population. Minimum levels of essential elements – calcium, magnesium, zinc and copper - have been determined in women over 65 years, and copper, iron and manganese in men of this age. Toxic elements cadmium, lead and arsenic accumulate to the maximum by the age of 65 and older.

The results of the study can be used as an additional method to determine the characteristics and time of occurrence of various diseases, and also for the medical correction of dyselementoses, enrichment of diets with necessary micronutrients.

Keywords: macronutrients, microelements, hair, age, residents of Ufa.

Введение. Изучение элементного статуса населения является весьма перспективным научным направлением в связи с растущим загрязнением среды обитания металлами и их значимостью для функционирования организма. Роль элементов для организма человека не вызывает сомнения, например, кальций участвует во всех видах обмена (белковом, минеральном,

жировом, углеводном, энергетическом). При его дефиците нарушаются обменные процессы, страдают кости, мышцы, нервная и сердечно-сосудистая системы, слабеет иммунитет [2]. Недостаток магния может приводить к заболеваниям нервной системы, сердца, желчного пузыря, почек, поджелудочной железы, вызывать сахарный диабет, атеросклероз [11]. Железо – жизненно необходимый элемент для роста, деления, дифференциации и жизнедеятельности клеток организма, однако при избыточном поступлении может вызвать необратимое повреждение клеточных структур [7]. Недостаток цинка в организме проявляется развитием кожных заболеваний, снижением иммунитета, психическими нарушениями, задержкой роста и полового развития [16]. Ввиду отсутствия клинических симптомов у взрослых дефицит цинка является серьезной проблемой во всем мире. Медь и марганец входят в состав многих ферментов, которые участвуют в окислительно-восстановительных реакциях организма [8]. При недостатке меди могут развиваться ломкость костей, нейтропения, аневризм артерий. Марганец оказывает влияние на рост, размноже-

ние, кроветворение, иммунитет, обмен веществ, играет существенную роль в защите организма от вредных воздействий перекисных радикалов.

Для жителей различных регионов характерны особенности формирования элементного статуса, который зависит как от состояния окружающей среды и профессионального воздействия, так и качества питания, образа жизни и других факторов.

Для г. Уфы – крупного промышленного центра Республики Башкортостан, характерен высокий риск загрязнения атмосферного воздуха, воды водоемов, почвы токсичными металлами, связанный с деятельностью предприятий нефтепереработки, машиностроения, интенсивностью транспортного потока [1, 3, 5, 10]. Это в значительной степени определяет нагрузку металлами на организм жителей столицы республики.

На основании ранее проведенных исследований сформирована база референтных значений элементного состава биологических сред (кровь, волосы) [4]. Среди биологических сред волосы являются наиболее информативным и доступным материалом для анализа содержания химических эле-

ФБУН «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека» Роспотребнадзора, Уфа: **АДИЕВА Гюзелия Фаритовна** – к.б.н., с.н.с., agyzelia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2377-3471>, **ЛАРИОНОВА Татьяна Кенсариновна** – к.б.н., доцент, в.н.с., larionovatk@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9754-4685>, **ДАУКАЕВ Рустем Аскарлович** – к.б.н., зав. отделом, ufa.lab@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0002-0421-4802>, **АЛЛАЯРОВА Гузель Римовна** – к.б.н., с.н.с., ufa.lab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0838-3598>, 8-903-354-92-89, **ЗЕЛЕНКОВСКАЯ Евгения Евгеньевна** – м.н.с., ufa.lab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7682-2703>, **АФОНЬКИНА Светлана Разифовна** – к.х.н., с.н.с., ufa.lab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0445-9057>, **УСМАНОВА Эльза Наилевна** – м.н.с., ufa.lab@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5455-6472>.

ментов в организме человека [18, 20]. Однако для диагностики дисэлементозов необходимо учитывать половые и возрастные особенности человека, поскольку с возрастом организм становится более восприимчивым к воздействию макро- и микроэлементов [6]. Кроме того, возрастные различия содержания химических элементов в биосредах у женщин и мужчин могут объяснить разную склонность к некоторым заболеваниям [15]. Анализ литературных данных показал разнонаправленность в возрастных перестройках содержания макро- и микроэлементов в волосах, приводящих с возрастом не только к недостатку, но и к избытку некоторых элементов [6, 15, 19].

Цель работы: изучить возрастные и половые особенности содержания макро- и микроэлементов в волосах жителей крупного промышленного города.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие жители г. Уфы, проживающие в данной местности не менее пяти лет и не имеющие профессионального контакта с солями тяжелых металлов. Выполнение обследований одобрено биоэтической комиссией ФБУН «Уфимский НИИ медицины

труда и экологии человека», протокол № 01-11 от 15.11.2022. Образцы волос были отобраны у 296 клинически здоровых человек (125 мужчин и 171 женщины) с их письменного информированного согласия. Пробы отбирали в бумажные пакеты, волосы состригали с затылочной части головы, до выполнения анализа хранили в сухом месте при комнатной температуре. Содержание химических элементов кальция (Ca), магния (Mg), железа (Fe), цинка (Zn), меди (Cu), марганца (Mn), хрома (Cr), никеля (Ni), кадмия (Cd), свинца (Pb), ртути (Hg) и мышьяка (As) после пробоподготовки определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборах с пламенной и электротермической атомизацией согласно действующим нормативным документам.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 21.0. Проверку нормальности распределения осуществляли с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Множественные сравнения содержания химических элементов в волосах обследуемых из учаемых групп выполняли с использованием критерия Краскела-Уоллиса.

Для установления различий между двумя независимыми выборками (женщины и мужчины) по содержанию элемента использовали критерий Манна-Уитни. Различия принимались статистически значимыми при $p < 0,05$.

При обработке данных были выделены четыре возрастные группы обследованных: 18-29 лет, 30-44 года, 45-65 лет и старше 65 лет. Результаты исследований, представленные в виде медианы с межквартильным интервалом 25-75 процентилей, сравнивали с референтными значениями концентраций химических элементов, приведенными в работе А.В. Скального (2003) [12].

Результаты и обсуждение. Результаты исследования содержания химических элементов в волосах мужского и женского населения г. Уфы с разделением по возрастным группам представлены в табл. 1 и 2.

При рассмотрении результатов исследований по химическим элементам установлено, что в волосах женщин кальция содержится больше, чем у мужчин, во всех возрастных группах, кроме лиц старше 65 лет ($p < 0,0001$). Содержание кальция в волосах у женской части населения с возрастом уменьшается ($N=19,03$; $p < 0,0001$).

Таблица 1

Содержание химических элементов в волосах мужчин, медиана (25 и 75 процентиль), мкг/г

Химический элемент	Возрастная группа					
	18-29 лет n=34	30-44 лет n=39	45-65 лет n=31	Референтные значения (25 и 75 процентиль)	Старше 65 лет n=21	Референтные значения (25 и 75 процентиль)
Ca	429 (347; 623)	489 (398; 658)	475 (376; 611)	494; 1619	539 (473; 721)	354; 1122
Mg	34 (29; 46)	42 (34; 51)	43 (35; 59)	39; 137	38 (29; 42)	32; 113
Fe	19,7 (14,0; 27,1)	21,3 (13,2; 28,0)	24,5 (15,9; 29,9)	11; 24	15,9 (11,5; 19,5)	12; 25
Zn	108 (105; 127)	117 (114; 126)	120 (112; 150)	155; 206	120 (113; 141)	145; 196
Cu	8,6 (7,4; 10,0)	11,0 (9,1; 12,1)	9,0 (7,0; 11,0)	9; 14	6,9 (6,8; 10,0)	9; 12
Mn	1,00 (0,72; 1,81)	0,85 (0,66; 1,06)	1,40 (1,10; 1,67)	0,32; 1,13	0,80 (0,65; 0,93)	0,31; 1,29
Cr	0,74 (0,42; 1,06)	0,99 (0,87; 1,32)	1,63 (1,49; 1,78)	0,32; 0,96	1,97 (1,42; 2,01)	0,20; 0,60
Ni	0,57 (0,50; 0,62)	0,59 (0,48; 0,66)	0,55 (0,48; 0,60)	0,14; 0,53	0,53 (0,39; 0,58)	0,14; 0,51
Cd	0,084 (0,076; 0,147)	0,078 (0,052; 0,123)	0,090 (0,078; 0,090)	0,02; 0,12	0,066 (0,041; 0,093)	0,02; 0,13
Pb	2,63 (2,41; 3,42)	3,32 (2,80; 3,83)	2,44 (2,25; 2,99)	0,38; 1,40	3,78 (2,73; 4,20)	0,50; 1,67
Hg	0,252 (0,202; 0,307)	0,168 (0,136; 0,204)	0,176 (0,156; 0,187)	-	0,181 (0,176; 0,188)	-
As	0,023 (0,015; 0,034)	0,026 (0,020; 0,032)	0,042 (0,040; 0,054)	0,00; 0,56	0,077 (0,062; 0,086)	0,00; 0,98

Таблица 2

Содержание химических элементов в волосах женщин, медиана (25 и 75 процентиль), мкг/г

Химический элемент	Возрастная группа					
	18-29 лет n=47	30-44 лет n=57	45-65 лет n=37	Референтные значения (25 и 75 процентиль)	Старше 65 лет n=30	Референтные значения (25 и 75 процентиль)
Ca	1049 (875; 1493)	636 (317; 897)	875 (364; 1027)	494; 1619	387 (286; 692)	354; 1122
Mg	44 (34; 68)	39 (34; 63)	42 (31; 54)	39; 137	34 (27; 49)	32; 113
Fe	14,6 (12,6; 18,6)	17,1 (14,4; 19,0)	16,8 (14,4; 19,0)	11; 24	15,2 (11,3; 19,1)	12; 25
Zn	126 (115; 145)	123 (113; 137)	128 (117; 138)	155; 206	116 (109; 125)	145; 196
Cu	8,1 (6,4; 10,9)	8,7 (7,4; 10,6)	8,6 (7,4; 10,6)	9; 14	7,4 (6,6; 10,2)	9; 12
Mn	1,41 (0,71; 1,64)	1,14 (0,70; 1,64)	0,90 (0,69; 1,62)	0,32 1,13	1,08 (0,83; 1,11)	0,31; 1,29
Cr	0,99 (0,80; 1,31)	2,85 (1,04; 3,32)	1,25 (1,07; 1,54)	0,32; 0,96	1,23 (1,11; 1,49)	0,20; 0,60
Ni	0,44 (0,36; 0,52)	0,52 (0,42; 0,59)	0,45 (0,35; 0,55)	0,14; 0,53	0,40 (0,14; 0,48)	0,14; 0,51
Cd	0,069 (0,064; 0,074)	0,075 (0,063; 0,125)	0,075 (0,035; 0,109)	0,02; 0,12	0,075 (0,067; 0,087)	0,02; 0,13
Pb	2,48 (1,78; 3,01)	2,77 (1,81; 3,16)	3,16 (2,48; 4,00)	0,38; 1,40	3,27 (2,61; 3,58)	0,50; 1,67
Hg	0,142 (0,109; 0,266)	0,198 (0,128; 0,342)	0,204 (0,171; 0,336)	-	0,199 (0,196; 0,211)	-
As	0,023 (0,014; 0,030)	0,023 (0,017; 0,032)	0,030 (0,026; 0,033)	0,00; 0,56	0,047 (0,036; 0,054)	0,00; 0,98

Медианное значение концентрации кальция в волосах мужчин в возрастных группах до 65 лет находится за пределами нижней границы физиологической нормы (494 мкг/г), старше 65 лет – в пределах нормы.

Концентрация магния в волосах жителей города, как мужчин, так и женщин, находится на нижней границе физиологической нормы и с возрастом значимых изменений не наблюдается ($H=3,69$; $p=0,297$ – мужчины; $H=1,39$; $p=0,708$ – женщины).

Содержание железа в волосах во всех возрастных группах находится в пределах референтных значений. Минимальные значения отмечены у обследованных в возрасте 18-29 и старше 65 лет.

Наблюдается дефицит цинка в волосах обследованных относительно физиологических нормативов, с возрастом медианные значения не претерпевают значимых различий ($H=2,53$; $p=0,470$). В женских волосах до 65 лет уровень цинка выше, чем в мужских, но различия статистически незначимые ($p=0,185$).

Во всех возрастных группах обследованных, за исключением мужчин 30-44 лет, выявлен дефицит меди.

Содержание марганца у женской части населения до 65 лет понижается от 1,41 до 0,90 мкг/г, после 65 лет наблюдается повышение до 1,08 мкг/г. У мужчин максимальные концентрации выявлены в возрасте 45-65 лет (1,40 мкг/г). Необходимо отметить, что медианные концентрации марганца в волосах жителей города довольно высоки, а у женщин возрастных категорий от 18 до 29 лет и у мужчин 45-65 лет выше верхней границы физиологического уровня на 25 %.

В волосах обследованных обнаружено повышенное содержание хрома. У мужчин в возрасте до 30 лет уровень металла в пределах физиологической нормы – 0,74 мкг/г, с возрастом его концентрация увеличивается до 1,97 мкг/г. У женщин наиболее высокое содержание хрома в волосах (2,85 мкг/г) выявлено в возрастной категории 30-44 лет.

Максимальные концентрации никеля обнаружены у обследованных в возрасте 30-44 лет независимо от пола. Во всех возрастных группах и у мужчин, и у женщин содержание никеля находится в пределах верхней границы допустимого уровня элемента.

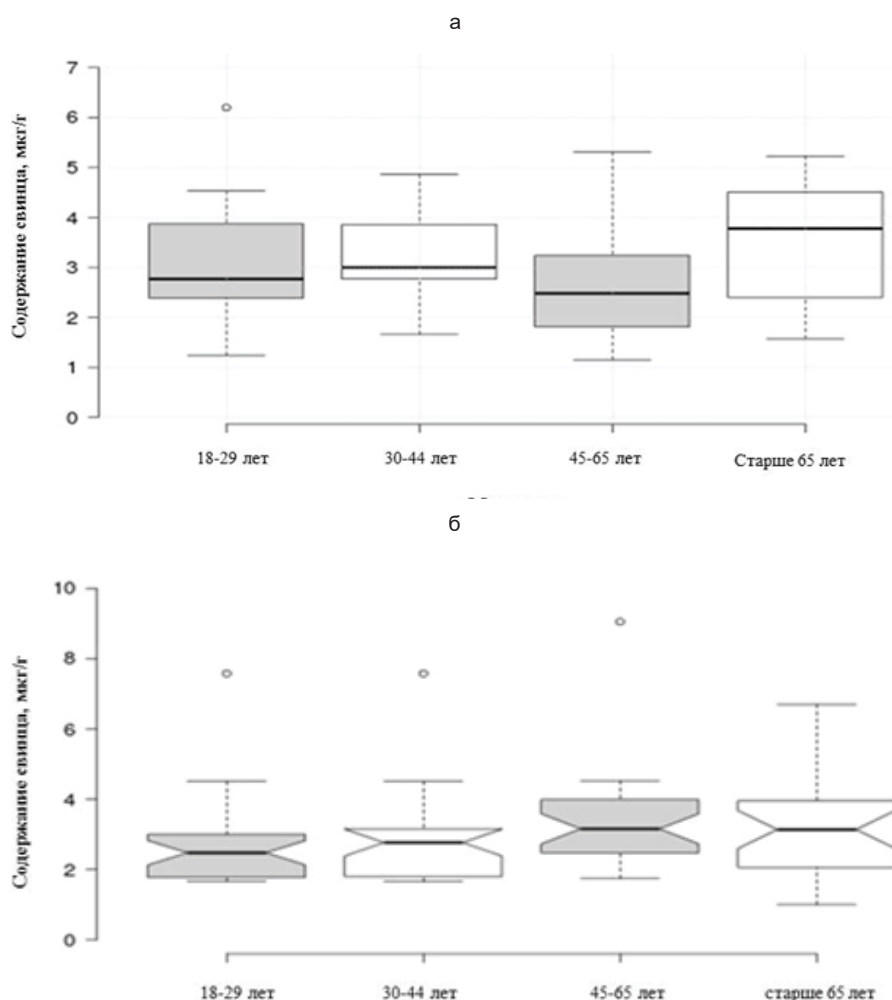
Повышенные концентрации хрома и никеля в волосах, вероятно, обуслов-

лены геоэкологическими особенностями региона и спектром выбросов промышленных предприятий города.

Концентрация кадмия в волосах мужской части населения максимально увеличивается к 45-65 годам, после 65 лет несколько снижается. У женщин с возрастом значимых различий не обнаружено ($H=1,65$; $p=0,648$). Для всех респондентов уровень кадмия ниже верхнего физиологически допустимого уровня.

Содержание свинца в волосах населения города превышает допустимые значения, но находится ниже «уровня беспокойности», равного 5 мкг/г, который указывает на избыточное поступление элемента в организм [13]. Высокая концентрация свинца в организме человека может быть связана с промышленным загрязнением и выбросами автотранспорта [17]. Среди жителей Уфы максимальное накопление свинца выявлено в волосах мужчин и женщин старше 65 лет. В волосах некоторых мужчин возрастной группы 18-29 лет также были зафиксированы концентрации больше 6 мкг/г (рис. 1, а).

Исследованиями выявлено повышение содержания свинца в волосах



Содержание свинца в волосах у жителей г. Уфы в зависимости от возраста: а – у мужчин, б – у женщин

женщин с увеличением возраста (рис. 1, б). Максимальные показатели (9,05 мкг/г) определены в возрастной группе 45-65 лет.

По литературным данным, фоновый уровень ртути в волосах варьирует от 0,5 до 1 мкг/г [14]. В волосах жителей Уфы концентрация ртути находится в диапазоне 0,1 - 0,33 мкг/г. Максимальное содержание ртути в волосах мужчин определено в возрасте 18-29 лет, у женщин она накапливается к 45-65 годам.

Содержание мышьяка в волосах жителей города находится в пределах физиологической нормы, с возрастом увеличивается и у мужчин, и у женщин от 0,023 до 0,077 мкг/г ($H=12,25$; $p=0,007$) и от 0,023 до 0,047 мкг/г ($H=8,79$; $p=0,032$) соответственно. Мышьяк – канцероген первого класса опасности, в связи этим повышение его концентрации в старших возрастных группах может привести к повышению онкологических заболеваний [6].

Исследования по изучению со-

держания химических элементов в волосах разных возрастных групп населения г. Уфы показали пониженный уровень цинка и меди во всех возрастных группах. На фоне дефицита меди обнаружены повышенные уровни марганца – микроэлемента, который является её антагонистом. Вероятно, установленные низкие концентрации цинка и меди в волосах уфимцев сформировались из-за недостаточного поступления этих элементов с пищевыми продуктами, однако могут быть и следствием накопления в организме свинца, кадмия, ртути, марганца и железа.

Железа и никеля статистически значимо больше ($p=0,001$ и $p=0,011$ соответственно) в волосах у мужчин по сравнению с волосами женщин за весь возрастной период. В женских волосах больше кальция, причем среднее содержание элемента с возрастом уменьшается, что согласуется с литературными данными [9]. Содержание магния находится в пределах

референтных значений. Относительно токсичных элементов, максимальные концентрации свинца и мышьяка выявлены у респондентов старше 65 лет. Отмечается тенденция к более высокому накоплению кадмия, свинца и мышьяка в волосах у мужской части населения. Содержание ртути выше в волосах женщин, за исключением возраста 18-29 лет.

Заключение. Таким образом, установлены статистически значимые различия в содержании микро- и макроэлементов в волосах жителей крупного промышленного г. Уфы в зависимости от пола и возраста. Результаты исследования достаточно информативны и могут быть использованы как дополнительный метод для определения особенностей и времени появления различных заболеваний, а также для медицинской коррекции дисэлементозов, обогащения рационов необходимыми микронутриентами.

Литература

1. Абсальмова А.А. Влияние автотранспорта на состояние окружающей среды города Уфа // Экология и природопользование: прикладные аспекты. XI Международная науч.-практич. конф. 2021. С. 7-10.
2. Absalyamova A.A. The influence of motor transport on the state of the environment of the city of Ufa // In the collection: Ecology and environmental management: applied aspects. XI International Scientific and Practical Conference. 2021. P. 7-10.
3. Бахолдина О.С. Роль кальция в организме человека // Наука в современном мире: результаты исследований и открытий. Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции. Анапа, 2022. С. 4-9.
4. Bakholdina O.S. The role of calcium in the human body // In the collection: Science in the modern world: results of research and discoveries. Collection of scientific papers based on the materials of the I International Scientific and Practical Conference. Anapa. 2022. P. 4-9.
5. Гатауллин Р.Ф., Аслаева С.Ш., Гайсина А.Ш. Размещение промышленного производства в Республике Башкортостан // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. №3-1 (97). С. 44-47. DOI: 10.24412/2411-0450-2023-3-1-44-47
6. Gataullin R.F., Aslaeva S.Sh., Gaisina A.Sh. Location of industrial production in the Republic of Bashkortostan // Economics and business: theory and practice. 2023. No.3-1 (97). P. 44-77. DOI: 10.24412/2411-0450-2023-3-1-44-47
7. Гарифуллина Г.Ф. Особенности формирования элементного гомеостаза у жителей крупного промышленного города (на примере г. Уфы республики Башкортостан): автореф. дис. ... к.б.н. / Науч.-иссл. ин-т экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина РАН. М., 2010. 22 с.
8. Garifullina G.F. Features of the formation of elemental homeostasis in residents of a large industrial city (using the example of Ufa, the Republic of Bashkortostan) // abstract of the dissertation for the degree of candidate of biological sci-

ences / Scientific research. A.N. Sysina Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene RAMS. Moscow. 2010. 22 p.

5. Головина А.С., Исхаков Ф.Ф. Обзор физико-географической характеристики промышленных предприятий города Уфа: возможный вред населению и его последствия // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2023. № S1 (66). С. 29-33.

Golovina A.S., Iskhakov F.F. Review of the physical and geographical characteristics of industrial enterprises in the city of Ufa: possible harm to the population and its consequences // Bulletin of the Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla. 2023. No. S1 (66). P. 29-33.

6. Горбачев А.Л., Луговая Е.А., Степанова Е.М. Микроэлементный профиль людей старческого возраста Европейского и Азиатского севера России // Гигиена и санитария. 2016. 95(5). С. 432-439. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-432-439

Gorbachev A.L., Lugovaya E.A., Stepanova E.M. Microelement profile of elderly people in the European and Asian north of Russia // Hygiene and Sanitation. 2016. 95(5). P. 432-439. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-432-439

7. Егорова Н.А., Канатникова Н.В. Железо, его метаболизм в организме человека и гигиеническое нормирование в питьевой воде. Обзор. Часть 2 // Гигиена и санитария. 2020. №5. С. 504-508. DOI: <https://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-5-504-508>

Egorova N.A., Kanatnikova N.V. Iron, its metabolism in the human body and hygienic regulation in drinking water. Review. Part 2 // Hygiene and sanitation. 2020. No. 5. P. 504-508. DOI: <https://dx.doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-5-504-508>

8. Нотова С.В., Казакова Т.В., Маршинская О.В. Изучение химических форм меди и марганца в живом организме (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 1. С. 47-64. DOI: 10.33284/2658-3135-103-1-47

Notova S.V., Kazakova T.V., Marshinskaya O.V. Study of the chemical forms of copper and manganese in a living organism (review) // Animal husbandry and fodder production. 2020. T. 103. No. 1. P. 47-64. DOI: 10.33284/2658-3135-103-1-47

9. Поворинская О.А., Карпенко О.М. Макро- и микроэлементный статус пациентов старших возрастных групп // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2009. Т.147, № 4. С. 456-458.

Povorinskaya O.A., Karpenko O.M. Macro- and microelement status of patients in older age groups // Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2009. T.147. No. 4. P. 456-458.

10. Салигаскаров И.И., Бакиров А.Б., Степанов Е.Г. Гигиеническая оценка канцерогенных рисков и анализ влияния факторов среды обитания на онкологическую заболеваемость населения крупного промышленного города (обзор литературы) // Медицина труда и экология человека. 2023. № 4. С. 95-107

Saligaskarov I.I., Bakirov A.B., Stepanov E.G. Hygienic assessment of carcinogenic risks and analysis of the environment for cancer incidence in the population of a large industrial city (literature review) // Occupational Medicine and Human Ecology. 2023. No. 4. P. 95-107

11. Сафарян А.С., Саргсян В.Д., Небиеридзе Д.В. Роль магния в развитии сердечно-сосудистой патологии и возможности ее предотвращения и коррекции препаратами магния (Часть 2) // РФК. 2020. №3. С. 457-464.

Safaryan A.S., Sargsyan V.D., Nebieridze D.V. The role of magnesium in the development of cardiovascular pathology and the possibility of its prevention and correction with magnesium preparations (Part 2) // RFK. 2020. No. 3. P. 457-464.

12. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС // Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4, № 1. С. 55-56.

Skalny A.V. Reference values for the concentration of chemical elements in hair obtained by ICP-AES // Trace elements in medicine. 2003. T. 4. No. 1. P. 55-56.

13. Скальный А.В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. 272 с.

Skalny A.V., Rudakov I.A. Bioelements in medicine. M: Publishing house "ONICS 21st century": World. 2004. 272 p.

14. Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: ОНИКС 21 век, 2004. 216 с.

Skalny A.V. Chemical elements in human physiology and ecology. M.: ONYX 21st century. 2004. 216 p.

15. Содержание макроэлементов в волосах жителей Западного Казахстана / Г.А. Батырова [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2021. Т. 24, №11. С. 34-41. DOI: 10.29296/25877313-2021-11-06

Content of macroelements in the hair of residents of Western Kazakhstan / Batyrova G.A. [et al.] // Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2021. No. 11. T.24. P. 34-41. DOI: 10.29296/25877313-2021-11-06

16. Трисветова Е.Л. Роль цинка в жизнедеятельности человека // Медицинские новости. 2021. №9. С. 37-42.

Trisvetova E.L. The role of zinc in human life // Medical news. 2021. No. 9. P. 37-42.

17. Уровни содержания кадмия и свинца в волосах населения Зауральской зоны Республики Башкортостан / Ю.С. Рафикова [и др.] // Экология человека. 2020. №1. С. 17-24. DOI: 10.33396 / 1728-0869-2020-1-17-24

Levels of cadmium and lead content in the hair of the population of the Trans-Ural zone of the Republic of Bashkortostan / Rafikova Yu. S. [et al.] // Human Ecology. 2020. No. 1. P. 17-24. DOI: 10.33396/1728-0869-2020-1-17-24

18. Чанчаева Е.А., Гржибовский А.М., Сухова М.Г. Количественное содержание свинца в волосах населения России: систематический обзор // Экология человека. 2022. Т. 29, №6. С. 371-384. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

Chanchaeva E.A., Grzhibovsky A.M., Sukhova M.G. Quantitative content of lead in the hair of the Russian population: a systematic review // Human Ecology. 2022. T. 29, No. 6. P. 371-384. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco105480>

19. Age- and sexdependence of five major elements in the development of human scalp hair. Biomater Res / Ha B.J. et al. 2019. 23: 29. DOI:10.1186/s40824-019-0179-5

20. Assessment of hair metal levels in aluminium plant workers using scalp hair ICP-DRS-MS analysis / Skalny A.V., Kaminskaya G.A., Krekesheva T.I., et al. // J Trace Elem Med Biol. 2018. Vol. 50. P. 658-663. DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.06.014.