

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА

© 2021 г. Г. А. Батырова, Ж. Ш. Тлегенова, Г. А. Умарова, В. И. Кононец, Е. А. Умаров,
Х. И. Кудабаяева, П. Ж. Айтмаганбет, А. А. Аманжолкызы

НАО «Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова»,
г. Актобе, Республика Казахстан

Введение: На территории Западного Казахстана функционируют крупные предприятия нефтегазодобывающей, горнодобывающей промышленности, цветной и черной металлургии. В настоящее время вокруг многих промышленных предприятий образовались постоянно расширяющиеся техногенные биогеохимические провинции с повышенным содержанием соединений хрома, бора, серы, фтора, азота, углерода и других элементов. Территория региона является борно-хромовой геохимической провинцией. Напряженная экологическая обстановка способствует сдвигам в микроэлементном балансе биосферы, ведет к изменениям микроэлементного состава организма, тем самым способствуя ухудшению состояния здоровья населения региона.

Цель: изучить микроэлементный статус жителей, проживающих в индустриально развитом регионе Западного Казахстана, на примере Актюбинской и Западно-Казахстанской областей.

Методы. Исследовалось содержание микроэлементов Al, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, Li, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn в волосах у 609 жителей Актюбинской и Западно-Казахстанской областей (мужчин 218, женщин 391), средний возраст обследованных составил 44 (32; 55) года. Образцы волос подвергнуты многоэлементному анализу методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Наличие элементного дисбаланса устанавливали путём сравнения с общероссийскими референтными значениями.

Результаты: Содержание (P2,5; P97,5) мкг/г в волосах мужчин составило: Al (1,77; 31,18); As (0,016; 0,126); B (0,812; 7,51); Be (0,000; 0,003); Cd (0,004; 0,239); Co (0,003; 0,166); Cr (0,175; 1,60); Cu (7,67; 17,36); Fe (9,46; 138,16); Hg (0,029; 1,20); I (0,123; 18,79); Li (0,016; 0,607); Mn (0,193; 7,47); Ni (0,062; 1,23); Pb (0,080; 5,49); Se (0,301; 0,797); Si (7,82; 64,68); Sn (0,013; 0,393); V (0,006; 0,111); Zn (88,25; 363,02). Содержание микроэлементов в волосах женщин составило: Al (0,855; 10,42); As (0,002; 0,070); B (0,241; 2,85); Be (0,000; 0,002); Cd (0,001; 0,113); Co (0,002; 0,644); Cr (0,121; 1,52); Cu (4,97; 25,31); Fe (9,00; 61,81); Hg (0,025; 0,764); I (0,120; 4,80); Li (0,004; 0,173); Mn (0,125; 16,90); Ni (0,046; 1,09); Pb (0,032; 1,05); Se (0,183; 0,768); Si (6,20; 52,28); Sn (0,010; 1,73); V (0,006; 0,092); Zn (79,41; 639,07). Наиболее значимые различия обнаружены по содержанию токсичных и потенциально-токсичных элементов с превышением содержания у мужчин: Al на 72,8 %, As на 59 %, Be на 98 %, Cd на 63 %, Pb на 62,3 %; эссенциальных и условно-эссенциальных: Li на 41 %, Mn на 30,4 %, V на 67 %.

Выводы: При сравнении с российской популяцией наиболее значимые различия получены по содержанию в волосах V и Se, их дефицит имели 99,5 и 93,9 % обследованных соответственно; у 79,8 % участников документирован избыток Li, у 65,1 % отмечался дисбаланс Zn.

Ключевые слова: волосы, микроэлементы, экология, Казахстан

MICROELEMENT STATUS OF THE ADULT POPULATION IN WESTERN KAZAKHSTAN

G. Batyrova, Zh. Tlegenova, G. Umarova, V. Kononets, Ye. Umarov,
Kh. Kudabayeva, P. Aitmagambet, A. Amanzholykyz

West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University, Aktoobe, Republic of Kazakhstan

Introduction: Western Kazakhstan is a heavily industrialized part of the country with developed oil- and gas industry, mining, nonferrous- and ferrous metallurgy. The region is also a boron-chromium geochemical province. Climate change contributes to shifts in the microelement balance of the biosphere leading to changes in the microelement status of the population affecting its health and well-being.

Aim: To study the microelement status of adult population in industrialized areas of Aktoobe and West Kazakhstan regions.

Methods: Hair concentrations of Al, As, B, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, I, Li, Mn, Ni, Pb, Se, Si, Sn, V, Zn were assessed in 218 men and 391 women with the average age of 44 years living in Aktoobe and West-Kazakhstan regions. Hair samples were analyzed using inductively coupled plasma mass spectrometry. The presence of an elemental imbalance was established by comparing it with the Russian reference values.

Results: Concentrations of trace elements (P2.5; P97.5) µg/g in men were: Al (1,77; 31,18); As (0,016; 0,126); B (0,812; 7,51); Be (0,000; 0,003); Cd (0,004; 0,239); Co (0,003; 0,166); Cr (0,175; 1,60); Cu (7,67; 17,36); Fe (9,46; 138,16); Hg (0,029; 1,20); I (0,123; 18,79); Li (0,016; 0,607); Mn (0,193; 7,47); Ni (0,062; 1,23); Pb (0,080; 5,49); Se (0,301; 0,797); Si (7,82; 64,68); Sn (0,013; 0,393); V (0,006; 0,111); Zn (88,25; 363,02). Corresponding values for women were: Al (0,855; 10,42); As (0,002; 0,070); B (0,241; 2,85); Be (0,000; 0,002); Cd (0,001; 0,113); Co (0,002; 0,644); Cr (0,121; 1,52); Cu (4,97; 25,31); Fe (9,00; 61,81); Hg (0,025; 0,764); I (0,120; 4,80); Li (0,004; 0,173); Mn (0,125; 16,90); Ni (0,046; 1,09); Pb (0,032; 1,05); Se (0,183; 0,768); Si (6,20; 52,28); Sn (0,010; 1,73); V (0,006; 0,092); Zn (79,41; 639,07). The most significant differences were found in the content of toxic and potentially toxic elements with an excess in men of Al by 72.8 %, As by 59 %, Be by 98 %, Cd by 63 %, Pb by 62.3 %, and essential and conditionally - essential: Li by 41 %, Mn by 30.4 %, V by 67 %.

Conclusions: In total, 99.5 % and 93.9 % of the adults from the industrialized areas of Western Kazakhstan have V and Se deficiency while 79.8 % have an excess of Li and 65.1 % had an imbalance in Zn.

Key words: hair, trace elements, Kazakhstan.

Библиографическая ссылка:

Батырова Г. А., Тлегенова Ж. Ш., Умарова Г. А., Кононец В. И., Умаров Е. А., Кудабаяева Х. И., Айтмаганбет П. Ж., Аманжолкызы А. А. Микроэлементный статус взрослого населения Западного Казахстана // Экология человека. 2021. № 11. С. 42–49.

For citing:

Batyrova G., Tlegenova Zh., Umarova G., Kononets V., Umarov Ye., Kudabayeva Kh., Aitmaganbet P., Amanzholkyzy A. Microelement Status of the Adult Population in Western Kazakhstan. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2021, 11, pp. 42-49.

Введение

Смена климата, растущий дефицит качественной питьевой воды, развитие добывающей, энергетической промышленности, транспорта, строительства, систем связи, повсеместное использование пестицидов и гербицидов, развитие информационных технологий и исследований в области наночастиц и нанотехнологий привели к изменениям в состоянии здоровья населения [6, 9, 28].

Изменение привычной среды обитания предъявляет повышенные требования к приспособительным возможностям человека и вызывает перестройку организма с целью сохранения постоянства внутренней среды [2]. Микроэлементы относятся к числу незаменимых пищевых факторов, нормальное поступление которых в организм является необходимым условием для обеспечения здоровья и трудоспособности.

Увеличение содержания в биосубстратах токсичных химических элементов (ХЭ) и дефицит жизненно важных эссенциальных ХЭ приводит к широкому спектру нарушений в состоянии здоровья, объединённых понятием микроэлементозы [1]. Заболеваемость, связанная с микроэлементозами, зависит от региона проживания, профессиональных вредностей, особенностей питания и водоснабжения [8].

К известным микроэлементозам относят дефицит железа (Fe) и возникновение анемии [42], дефицит йода (I), селена (Se) и заболевания щитовидной железы [35]. Примерами природных микроэлементозов являются алиментарный дефицит селена, или эндемическая кардиомиопатия, в регионе Кешан в Китае [41], развитие молибденовой подагры (болезнь В. В. Ковальского) у жителей Анкаванского района Армении. Техногенные микроэлементозы развиваются у лиц, работающих на вредном производстве, у населения, проживающего как в непосредственной близости, так и на значительном расстоянии от вредного производства вследствие водного или воздушного переноса [13, 30, 38]. Для техногенных микроэлементозов достоверно установлено канцерогенное, тератогенное и мутагенное действие [10]. Климатические условия Актыбинской и Западно-Казахстанской областей являются резко континентальными с засушливым летом и суровой зимой, ландшафт представлен степной, пустынно-степной зоной. Постоянным источником токсичных ХЭ являются предприятия металлургической, химической, нефтяной промышленности, построенные вблизи крупнейших в мире месторождений нефти, газа, в регионе разведаны запасы горючих сланцев, калийно-магниевых солей, известковых пород, цементного сырья, мела, керамзитовых глин, строительного песка, территория имеет статус борной и хромовой биогеохимической провинции [3, 5].

Эпидемиологические исследования свидетельствуют, что изменение экосистемы влияет на здоровье человека и в ряде случаев болезни могут быть вы-

явлены на этапе предболезни путем анализа микроэлементного статуса. Волосы многими исследователями рассматриваются как идеальный биосубстрат для определения биоэлементного статуса организма. Волосы по сравнению с биологическими жидкостями организма меньше подвержены гомеостатическому контролю, отбор проб является неинвазивным, пробы удобно хранить и транспортировать [33].

Исследования, проведенные в различных регионах мира, позволили определить референтные интервалы содержания ХЭ в волосах у представителей различных половозрастных групп населения [27]. Референтные интервалы, полученные в конкретной биогеохимической провинции, нельзя экстраполировать на другие географические территории, необходимо обязательно учитывать и оценивать региональные особенности элементного гомеостаза [14]. На большей части территории Казахстана исследования, направленные на определение особенностей элементного статуса населения, не проводились.

Цель исследования — изучить микроэлементный статус жителей, проживающих в индустриально развитом регионе Западного Казахстана, на примере Актыбинской и Западно-Казахстанской областей.

Задачи: охарактеризовать микроэлементный состав волос жителей Актыбинской и Западно-Казахстанской областей с учетом пола; сравнить показатели содержания микроэлементов в волосах жителей обеих областей с общероссийскими показателями.

Методы

Проведено обсервационное поперечное аналитическое исследование на территории Западно-Казахстанской области (города Уральск, Аксай, поселки Жымпиты, Каратобе, Переметное, Таскала, Чапаево, Федоровка, Чингирлау) и Актыбинской области (города Актобе, Алга, Хромтау, Кандыагаш, Шалкар, Темир, поселки Айтекеби, Батамша, Мартук, Иргиз, Караулкельды, Мугалжар, Уил, Шубаркудук, Хобда). Работа одобрена локальным этическим комитетом Западно-Казахстанского медицинского университета имени Марата Оспанова (заседание № 5 от 13.05.2020), выполнена в соответствии с принципами Хельсинкской декларации и последующих поправок.

Группа обследования сформирована методом случайной выборки из лиц в возрасте 18–60 лет, постоянно проживающих на изучаемой территории. Всего в исследование было включено 609 человек. Для формирования выборки применяли следующие критерии исключения: острые инфекционные, хирургические и травматические заболевания, хронические соматические заболевания в стадии декомпенсации, металлические имплантаты (включая пломбы из амальгамы), вегетарианское питание, потребление витаминно-минеральных добавок, беременность, роды менее одного года назад, лактация.

Образцы волос были получены путем состригания чистыми ножницами из нержавеющей стали с 3–5 участков затылочной части головы. Если образец был длинным, то собиралась только проксимальная часть волоса. Пробы в количестве не менее 0,1 г помещались в конверты с идентификационными записями и отправлялись в лабораторию АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва) (Сведения о регистрации: ОГРН 1027700072157 от 29.07.2002). В образцах волос оценивалось содержание двадцати ХЭ: алюминия (Al), мышьяка (As), бора (B), бериллия (Be), кадмия (Cd), кобальта (Co), хрома (Cr), меди (Cu), железа (Fe), йода (I), лития (Li), марганца (Mn), никеля (Ni), свинца (Pb), селена (Se), кремния (Si), олова (Sn), ванадия (V), ртути (Hg), цинка (Zn). Исследование микроэлементного состава волос проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП) на квадрупольном масс-спектрометре NexION 300D (Perkin Elmer, США), оснащенном автоматическим дозатором ESISC-2 DX4 (Elemental Scientific Inc., NE, США).

Пробы волос подвергали пробоподготовке посредством отмывания и микроволнового разложения. Пряди волос промывали ацетоном, затем троекратно ополаскивали деионизированной водой, высушивали на воздухе при температуре 60 °С. После предварительной подготовки и взятия навески образцы биосубстратов переносили в химически устойчивые тefлоновые пробирки с концентрированной азотной кислотой. Микроволновое разложение осуществляли в течение 20 мин при температуре 170–180 °С в системе Berghof Speedwave 4 (Berghof Products&Instruments, Германия). После остывания и выравнивания давления в системе полученные в ходе разложения растворы переносили в пробирки, объем доводился до 15 мл дистиллированной деионизированной водой. Финальный раствор использовали для химического анализа.

Калибровка системы проведена с использованием набора стандартов Universal Data Acquisition Standards Kit (PerkinElmer Inc., США). Внутренняя онлайн стандартизация выполнялась с использованием раствора изотопа Иттрий-89, полученного из Yttrium (Y) Pure Single-Element Standard (PerkinElmer Inc., США). Сертифицированный стандартный образец волос человека GBW09101 «Human hair» (Shanghai Institute of Nuclear Research, PR China) использовался для проведения контроля качества.

Статистические методы

При оценке нормальности распределения переменных по критерию Колмогорова — Смирнова выявили негауссов характер распределения, поэтому описательная статистика представлена в виде медианы (Me), квартилей (Q25; Q75) и процентилей (P2,5; P97,5). Качественные переменные представлены в виде абсолютного значения и процентного показателя.

Выбросы референтных значений микроэлементов визуализировались построением скатерограммы и исключались из анализа согласно правилу Turkey,

доработанному Horn [18, 20]. Содержание ХЭ в волосах представлено в соответствии с рекомендациями International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC) и International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) [31, 32].

Наличие элементного дисбаланса устанавливали путём сравнения с общероссийскими референтными значениями содержания микроэлементов в волосах, степень выраженности микроэлементного дисбаланса устанавливали по частоте проявления дефицита или избытка микроэлементов у 25 % и более обследованных [12, 39, 40].

Статистическую обработку данных проводили с использованием прикладных программ Statistica v. 10 и Medcalc.

Результаты

В результате проведенного исследования составлена база данных содержания ХЭ в волосах жителей Актюбинской и Западно-Казахстанской областей. Результаты представлены в виде медианы, а также процентилей 25–75 % (Me (Q25; Q75) (табл. 1).

При сравнении концентрации ХЭ в волосах у мужчин и женщин выявили достоверно более высокие значения у мужской части населения: Al на 72,8 %, As на 59 %, B на 38 %, Be на 98 %, Cd на 63 %, Cr на 12,8 %, Fe на 22 %, Li на 41 %, Mn на 30,4 %, Ni на 28,5 %, Pb на 62,3 %, Se на 15,7 %, Si на 17,5 %, V на 67 %. Таким образом, из 20 анализируемых микроэлементов по 14 металлам отмечается сравнительно большее их накопление в волосах мужчин.

В табл. 1 представлено содержание микроэлементов в волосах 50 % исследуемой популяции, тогда как стандарты IFCC и IUPAC рекомендуют отражать 95 % центральный диапазон содержания ХЭ. В табл. 2 представлено содержание изучаемых ХЭ в процентилеях (P2,5; P97,5), мкг/г в подгруппах мужчин и женщин, что более полно отражает изученную популяцию жителей Актюбинской и Западно-Казахстанской областей и соответствует представлению данных в аналогичных исследованиях, выполненных в других странах [27].

В табл. 3 представлено содержание микроэлементов в волосах населения обеих областей и аналогичные показатели общероссийской популяции.

На рисунке представлены отклонения содержания ХЭ в волосах жителей Актюбинской и Западно-Казахстанской областей по сравнению с общероссийской популяцией (дефицит, норма, избыток). В сравниваемых популяциях практически по всем представленным микроэлементам наблюдались отклонения по содержанию.

В обследованной популяции по сравнению с общероссийской наблюдался дефицит эссенциальных микроэлементов: Zn 28,6 %, Cr 33 %, Se 93,9 %, I 33 % и условно-эссенциальных: Ni 39,9 %, V 99,5 %. Депонирование эссенциальных микроэлементов: Fe 39,4 %, Mn 32,5 %, Zn 36,4 %, условно-эссенциальных: Li 79,8 %, токсичных: Sn 2,6 %, Al 5,4 %, Pb 6,7 %, Cd 3,8 %.

Таблица 1

Описательная статистика содержания химических элементов в волосах участников исследования, Me (Q25; Q75), мкг/г

Переменная	Общая выборка, n=609	Мужчины, n=218	Женщины, n=391	p
Возраст, лет	44 (32; 55)	35 (26,0; 54,0)	45 (35; 55)	<0,001
ИМТ	25,3 (22,3; 28,5)	25,4 (22,3; 28,7)	25,3 (22,5; 28,5)	0,845
Al	3,56 (2,08; 6,30)	6,302 (3,80; 10,63)	1,71 (1,71; 4,42)	<0,001
As	0,029 (0,015; 0,047)	0,049 (0,035; 0,069)	0,020 (0,010; 0,032)	<0,001
B	1,44 (0,992; 2,10)	2,00 (1,38; 3,05)	1,24 (0,834; 1,67)	<0,001
Be	0,000 (0,000; 0,001)	0,001 (0,000; 0,001)	0,000 (0,000; 0,001)	<0,001
Cd	0,011 (0,006; 0,024)	0,022 (0,011; 0,050)	0,008 (0,005; 0,014)	<0,001
Co	0,015 (0,008; 0,030)	0,016 (0,010; 0,025)	0,013 (0,007; 0,034)	0,213
Cr	0,404 (0,280; 0,583)	0,436 (0,330; 0,617)	0,380 (0,257; 0,571)	<0,001
Cu	11,03 (9,56; 12,79)	11,29 (10,03; 12,72)	10,91 (9,26; 12,83)	0,050
Fe	20,61 (14,99; 29,89)	24,61 (18,00; 35,66)	19,09 (13,89; 26,99)	<0,001
Hg	0,144 (0,081; 0,260)	0,158 (0,083; 0,311)	0,141 (0,078; 0,237)	0,078
I	0,382 (0,230; 0,702)	0,388 (0,237; 0,973)	0,381 (0,223; 0,638)	0,070
Li	0,036 (0,022; 0,065)	0,051 (0,030; 0,095)	0,030 (0,019; 0,052)	<0,001
Mn	0,661 (0,325; 1,50)	0,877 (0,478; 1,655)	0,573 (0,270; 1,368)	<0,001
Ni	0,173 (0,102; 0,293)	0,207 (0,132; 0,332)	0,148 (0,091; 0,266)	<0,001
Pb	0,203 (0,102; 0,462)	0,404 (0,190; 1,050)	0,152 (0,072; 0,274)	<0,001
Se	0,488 (0,409; 0,568)	0,547 (0,475; 0,613)	0,461 (0,381; 0,542)	<0,001
Si	19,81 (13,05; 26,70)	22,256 (15,431; 31,480)	18,35 (12,05; 25,04)	<0,001
Sn	0,063 (0,036; 0,150)	0,060 (0,038; 0,107)	0,069 (0,034; 0,207)	0,059
V	0,032 (0,016; 0,066)	0,067 (0,042; 0,088)	0,022 (0,010; 0,039)	<0,001
Zn	182,87 (150,14; 233,49)	179,69 (152,18; 214,87)	186,51 (145,93; 239,31)	0,113

Таблица 2

Содержание микроэлементов в волосах жителей
Актюбинской и Западно-Казахстанской областей
в процентилях (P2,5; P97,5), мкг/г

Переменная	Мужчины, n=218	Женщины, n=391	Общая выборка, n=609
Al	1,77; 31,18	0,855; 10,42	0,907; 21,98
As	0,016; 0,126	0,002; 0,070	0,003; 0,112
B	0,812; 7,51	0,241; 2,85	0,294; 5,04
Be	0,000; 0,003	0,000; 0,002	0,000; 0,002
Cd	0,004; 0,239	0,001; 0,113	0,001; 0,175
Co	0,003; 0,166	0,002; 0,644	0,003; 0,434
Cr	0,175; 1,60	0,121; 1,52	0,138; 1,54
Cu	7,67; 17,36	4,97; 25,31	5,65; 21,25
Fe	9,46; 138,16	9,00; 61,81	9,07; 80,71
Hg	0,029; 1,20	0,025; 0,764	0,027; 0,922
I	0,123; 18,79	0,120; 4,80	0,123; 7,14
Li	0,016; 0,607	0,004; 0,173	0,005; 0,283
Mn	0,193; 7,47	0,125; 16,90	0,132; 13,24
Ni	0,062; 1,23	0,046; 1,09	0,047; 1,10
Pb	0,080; 5,49	0,032; 1,05	0,039; 3,26
Se	0,301; 0,797	0,183; 0,768	0,185; 0,779
Si	7,82; 64,68	6,20; 52,28	6,54; 54,95
Sn	0,013; 0,393	0,010; 1,73	0,010; 1,17
V	0,006; 0,111	0,006; 0,092	0,006; 0,097
Zn	88,25; 363,02	79,41; 639,07	83,63; 562,37

Обсуждение результатов

В исследовании сформирована информационная база, включающая данные по содержанию 20 микроэлементов в волосах жителей Актюбинской и Западно-Казахстанской областей в группах мужчин и женщин. Проведен сравнительный анализ содержания ХЭ по

половому признаку и с РИ, полученными в исследованиях на общероссийской популяции [12, 39, 40].

В результате исследования установили, что в волосах мужчин содержание ХЭ (Al, As, Be, Cd, Pb, Li, Mn, V) выше, чем в волосах женщин. В ряде исследований установлено, что гендерные различия содержания ХЭ могут быть вызваны профессиональной деятельностью мужчин, их образом жизни, условиями проживания и тесным контактом с источниками загрязнения атмосферного воздуха [13, 23, 33].

При сравнении с российской популяцией наиболее значимые различия получены по содержанию в волосах V и Se, их дефицит имели 99,5 и 93,9 % обследованных соответственно, у 65,1 % отмечался дисбаланс Zn.

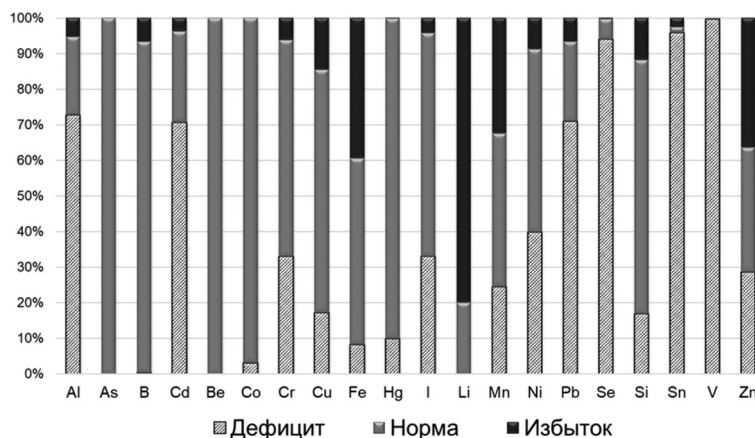
Основная причина дефицита Se в организме — это усиленный расход и пониженное содержание в пище и питьевой воде. В организме Se участвует в антиоксидантной защите, усиливает иммунную систему, способствует увеличению продолжительности жизни. Недостаток Se был связан с повышенным риском смертности, сниженной иммунной функцией и ухудшением когнитивных функций [36]. Антиоксиданты с содержанием Se снижают смертность от сердечно-сосудистых заболеваний ОР 0,77 (95 % ДИ: 0,62, 0,97) и смертность от всех причин ОР 0,90 (95 % ДИ: 0,82, 0,98), тогда как в отсутствие Se риск смерти увеличивался ОР 1,09 (95 % ДИ: 1,04, 1,13) [21].

Ванадий поступает в организм с пищей, физиологическая роль этого микроэлемента изучена недостаточно, однако его антивирусные, антибактериальные, антипаразитарные, противогрибковые свойства,

Таблица 3

Содержание микроэлементов в волосах жителей Актюбинской, Западно-Казахстанской областей
и общероссийской популяции, мкг/г

Переменная статистика	Актюбинская и Западно-Казахстанская области N=609	Россия		
		A.V. Scalny [10] N=2838	A.V. Scalny [30] N=7256	A.V. Scalny [31] N=5908
	P2,5; P97,5	P25; P75	P2,5; P97,5	P2,5; P97,5
Al	0,907; 21,98	6,0; 18,0		2,913; 11,627
As	0,003; 0,112	0,00; 0,56		0,010; 0,078
B	0,294; 5,04	—	—	—
Be	0,0001; 0,0023	0,00; 0,01		0,000; 0,005
Cd	0,001; 0,175	0,02; 0,12		0,006; 0,056
Co	0,003; 0,434	0,04; 0,16	0,007; 0,045	
Cr	0,137; 1,54	0,32; 0,96	0,11; 0,67	
Cu	5,65; 21,25	9,00; 14,00	10,4; 22,6	
Fe	9,07; 80,71	11,00; 24,00	11,1; 40,5	
Hg	0,027; 0,922	0,05; 2,01		0,168; 1,189
I	0,123; 7,13	0,27; 4,20		
Li	0,005; 0,283	0,00; 0,02		0,009; 0,040
Mn	0,132; 13,24	0,32; 1,13	0,24; 1,05	
Ni	0,047; 1,102	0,14; 0,53		0,159; 0,704
Pb	0,039; 3,26	0,38; 1,40		0,187; 1,389
Se	0,185; 0,779	0,69; 2,20	0,089; 0,480	
Si	6,541; 54,95	11,00; 37,00		
Sn	0,010; 1,17			0,076; 1,009
V	0,006; 0,097		0,014; 0,083	
Zn	83,63; 562,37	155,00; 206,00	125,7; 262,8	



Распространенность отклонений содержания химических элементов в волосах жителей Актюбинской и Западно-Казахстанской областей по сравнению с общероссийскими референтными значениями

нейропротекторная и кардиопротекторная активность, участие в регуляции углеводного обмена вызывают интерес исследователей во всем мире [37].

Повышенное содержание Zn в волосах обычно отражает его дефицит в организме и связанное с ним перераспределение. В разных странах неоптимальное содержание Zn могут иметь от 3 до 73 % жителей [34]. Известно, что Zn оказывает антиоксидантное и противовоспалительное действие. Связь между дефицитом цинка и развитием сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний доказана многочисленными исследованиями [26, 43].

Из 20 оцениваемых в данной работе ХЭ избыточная концентрация относительно общероссийских значений у значительной части населения отмечена

только по Li (у 79,8 % обследованных). Существенное депонирование эссенциальных микроэлементов (Fe, Mn, Zn), а также токсичных веществ (Sn, Al, Pb, Cd) выявлено менее чем у 40 % населения.

Результаты нашего исследования согласуются с данными по Оренбургской области Российской Федерации, граничащей с Западно-Казахстанской и Актюбинской областями, по которым избыток Li определен у 60 % обследованных жителей Оренбургской области [11]. По данным анализа волос у взрослого населения, проживающего в условиях чрезвычайной экологической ситуации, также было установлено повышение абсолютного содержания в волосах Li, Al, Pb, B и Sr [7].

Как известно, Актюбинская и Западно-Казах-

станская области являются регионом с развитой нефтегазодобывающей промышленностью, черной и цветной металлургией [16].

Загрязнение воздуха Западного Казахстана обусловлено активной добычей и переработкой полезных ископаемых, нефти и газа, производством автомобильного бензина и дизельного топлива, работой промышленных предприятий. Недопустимые уровни канцерогенного риска были определены для профессиональных групп и всего населения в отношении Cd, Pb, As, Cr в воздухе [22]. Действительно в Актобе, по данным за 2000–2010 годы, основными загрязнителями воздуха в городе были диоксид серы, оксид углерода, оксид азота и пыль, содержащая трехвалентный и шестивалентный хром, а также соединения Mg, Mn и Fe. В городе Актобе находятся предприятия по переработке Cr, которые являются стационарными источниками загрязнения воздуха [15]. Воздух Западно-Казахстанской области загрязняется выбросами сероводорода Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения [23].

Водные источники региона также подвергнуты негативному антропогенному воздействию. В результате исследования реки Илек экологическая ситуация в городах Актобе и Алга оценивалась как «зона бедствия» и «чрезвычайная». Анализ воды и отложений в реке свидетельствовал, что приоритетными загрязнителями являются В и Cr [17]. В источниках изучаемого региона отмечалось повышенное содержание Mn, Fe, Cr, нефтяных продуктов [19]. Ранее проведенные исследования в Западном Казахстане подтверждают негативное влияние неблагоприятных экологических факторов, включая дисбаланс элементов, на здоровье детского и взрослого населения [4]. Дети с тиреоидной патологией характеризовались повышенным содержанием в волосах В и Si, а также пониженным уровнем Cd, Mn, Pb, V [24, 25]. Наиболее изучено содержание в волосах токсичных микроэлементов, из которых большую угрозу здоровью человека представляют Hg, Pb и Cd, они способны накапливаться в организме, снижая адаптационные иммунные функции организма, и вызывать болезни, развивающиеся постепенно, без ярко выраженных симптомов. В нашем исследовании значимых различий в содержании Hg, Pb и Cd по сравнению с общероссийскими выявлено не было.

Оценка микроэлементного статуса населения с созданием постоянно обновляющейся базы может стать ресурсом для мониторинга экологического благополучия и состояния здоровья населения в данном регионе, инструментом для прогнозирования риска развития гипо- и гиперэлементозов с целью проведения профилактических мероприятий [29].

Ограничения исследования

В исследовании не отражено влияние факторов, связанных как с окружающей средой (состояние воздуха, почвы, качество воды), так и с изучаемой популяцией (возраст, этническая принадлежность, образ жизни, особенности питания).

Выводы

Изучено содержание микроэлементов в волосах мужчин и женщин, проживающих на территории индустриально развитых Актыбинской и Западно-Казахстанской областей. Наиболее значимые различия обнаружены у мужчин по содержанию токсичных и потенциально-токсичных элементов с превышением содержания Al на 72,8 %, As на 59 %, Be на 98 %, Cd на 63 %, Pb на 62,3 % и эссенциальных и условно-эссенциальных: Li на 41 %, Mn на 30,4 %, V на 67 %.

При сравнении с российской популяцией наиболее значимые различия получены по содержанию в волосах V и Se, их дефицит имели 99,5 и 93,9 % обследованных соответственно; у 79,8 % участников документирован избыток Li, у 65,1 % отмечался дисбаланс Zn.

Благодарности

Работа выполнена в рамках научного проекта с грантовым финансированием Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан «Разработка онлайн-атласа «Элементный статус населения Западного региона Республики Казахстан»» (ИРН AP08855535).

Авторство

Концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, переработка первого варианта статьи на предмет важного интеллектуального содержания, окончательное утверждение рукописи — Г. А. Батырова, Ж. Ш. Тлегунова, В. И. Кононец; получение, анализ и интерпретация данных, подготовка первого варианта статьи — Г. А. Умарова, П. Ж. Айтмаганбет, В. И. Кононец, Е. А. Умаров, А. А. Аманжолкызы, Х. И. Кудабая.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Батырова Гульнара Арыстангалиевна — ORCID 0000-0001-7970-4059; SPIN 8584-5024

Тлегунова Женисгуль Шимбулатовна — ORCID 0000-0002-3707-7365; SPIN 8403-4695

Умарова Гульмира Арыстангалиевна — ORCID 0000-0001-7637-113X; SPIN 9146-3959

Кононец Виктория Ивановна — ORCID 0000-0002-4666-6794; SPIN 9128-5796

Умаров Ескендир Арыстангалиевич — ORCID 0000-0002-5661-4023; SPIN 2160-3793

Кудабая Хатия Ильясовна — ORCID 0000-0001-5508-916X

Айтмаганбет Перизат Жаксыбаевна — ORCID 0000-0002-1958-0493

Аманжолкызы Айнур — ORCID 0000-0002-1980-9032

Список литературы / References

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риж М. А. и др. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина, 1991. 496 с.

Avtsy A. P., Zhavoronkov A. A., Rish M. A. et al. *Human microelementosis: etiology, classification, organopathology*. Moscow, Meditsina Publ., 1991, 496 p. [In Russian]

2. Агаджанян Н. А., Макарова И. И. Этнический аспект адаптационной физиологии и заболеваемости населения // Экология человека. 2014. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etnicheskii-aspekt-adaptatsionnoy-fiziologii-i-zabolevaemosti-naseleniya> (дата обращения: 14.04.2021).

Agadzhanian N. A., Makarova I. I. Ethnic Aspect of Adaptive Physiology and Population Morbidity. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014, 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/etnicheskii-aspekt-adaptatsionnoy-fiziologii-i-zabolevaemosti-naseleniya> (accessed: 14.04.2021). [In Russian]

3. Альмурзаева С. И. Оценка риска состояния здоровья населения, проживающего в хромовой биогеохимической провинции // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 1 (238). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riska-sostoyaniya-zdorovya-naseleniya-prozhivayuschego-v-hromovoy-biogeohimicheskoy-provintsii> (дата обращения: 11.04.2021).

Al'murzaeva S. I. Health Risk Assessment of People Living in Chrome Biogeochemical Province. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya* [Public Health and Life Environment]. 2013, 1 (238). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riska-sostoyaniya-zdorovya-naseleniya-prozhivayuschego-v-hromovoy-biogeohimicheskoy-provintsii> (accessed: 11.04.2021) [In Russian]

4. Батырова Г. А., Умарова Г. А., Умаров Е. А., Кудабаяева Х. И., Тлегенова Ж. Ш., Кононец В. И., Айтмаганбет П. Ж. Ассоциация содержания бора в волосах с показателями заболеваемости в борной геохимической провинции: поперечное исследование // Здоровье населения и среда обитания. 2021. № 6. С. 41–47. doi: 10.35627/2219-5238/2021-339-6-41-47.

Batyrova G. A., Umarova G. A., Umarov E. A., Kudabaeva H. I., Tlegenova Zh. Sh., Kononec V. I., Aitmaganbet P. Zh. The Association between Hair Levels of Boron and Disease Incidence in the Population of a Boron Geochemical Province: a Cross-Sectional Study. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya* [Public Health and Life Environment]. 2021, 6, pp. 41–47. [In Russian]

5. Кенесариев У. И., Ержанова А. Е., Кенесары Д. У., Кенесары А. У. Тенденции изменения демографических показателей населения в зоне нефтегазовых месторождений Республики Казахстан // Гигиена и санитария. 2016. № 10. С. 946–949.

Kenessaryev U. I., Yerzhanova A. E., Kenessary D. U., Kenessary A. U. Trends of change in demographic indices of population in the area of oil and gas deposits of the republic of Kazakhstan. *Gigiena i Sanitariya*. 2016, 95 (10), pp. 946–949. PMID: 29431340. [In Russian]

6. Потапов А. И., Ракитский В. Н., Тулакин А. В., Луценко Л. А., Ильницкая А. В., Егорова А. М., Гвоздева Л. Л. Безопасность наночастиц и наноматериалов для окружающей и производственной среды // Гигиена и санитария. 2013. № 3, с. 8–14.

Potapov A. I., Rakitskii V. N., Tulakin A. V., Lutsenko L. A., Il'nitskaia A. V., Egorova A. M., Gvozdeva L. L. Safety of nanoparticles and nanomaterials for environmental and occupational space. *Gigiena i Sanitariya*. 2013, 3, pp. 8–14. PMID: 24340571. [In Russian]

7. Радилов А. С., Комбарова М. Ю., Павлова А. А., Горбунов А. Ю., Гуляев Д. В., Карманов Е. Ю. Содержание химических элементов в волосах населения, проживающего в г. Армянск (Республика Крым) в период чрезвычайной экологической ситуации // Medicine of Extreme Situations. 2020. № 22 (1). С. 53–59.

Radilov A. S., Kombarova M. Yu., Pavlova A. A., Gorbunov A. Yu., Gulyaev D. V., Karmanov E. Yu. Element Content in Hair of Population Living in the City of Armyansk (Crimea Republic) During the Environmental Emergency. *Medicine of Extreme Situations*. 2020, 22 (1), pp. 53–59.

8. Романюк А. Г. Гигиеническая оценка вклада объектов среды обитания в формирование микроэлементного

статуса населения // Проблемы здоровья и экологии. 2017. № 4 (54).

Romaniuk A. G. Hygienic Evaluation of Contribution of Environmental Objects to Formation of the Microelement Status of the Population. *Problemy zdorov'ya i ekologii* [Problems of Health and Ecology]. 2017, 4 (54). [In Russian]

9. Савилов Е. Д., Анганова Е. В., Ильина С. В., Степаненко Л. А. Техногенное загрязнение окружающей среды и здоровье населения: анализ ситуации и прогноз // Гигиена и санитария. 2016. № 6.

Savilov E. D., Anganova E. V., Iliina S. V., Stepanenko L. A. Technogenic environmental pollution and the public health: analysis and prognosis. *Gigiena i Sanitariya*. 2016, 95 (6), pp. 507–12. PMID: 29424214. [In Russian]

10. Ситдикова И. Д., Иванова М. К. Гигиеническая оценка и управление факторами риска канцерогенной и мутагенной опасности в условиях современного техногенеза // Здоровье населения и среда обитания. 2013. № 4 (241).

Sitdikova I. D., Ivanova M. K. Hygienic Assessment and Management of Carcinogenic and Mutagenic Risks under the Conditions of Modern Technogenesis. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya* [Public Health and Life Environment]. 2013, 4 (241). [In Russian]

11. Скальный А. В., Мирошников С. А., Нотова С. В. и др. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации // Экология человека. 2014. № 9. С. 14–17.

Skalny A. V., Miroshnikov S. A., Notova S. V. i dr. Regional Features of the Elemental Homeostasis as an Indicator of Ecological and Physiological Adaptation. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014, 9, pp. 14–17. [In Russian]

12. Скальный А. В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС // Микроэлементы в медицине. 2003, Т. 4. Вып. 1. С. 55–56.

Skalny A. V. Reference Values of Chemical Elements Concentration in Hair, Obtained by Means of ICP-AES Method in Ano Centre for Biotic Medicine. *Mikroelementy v meditsine* [Trace elements in medicine]. 2003, 4 (1), pp. 55–56. [In Russian]

13. Сулейманов Р. А., Бактыбаева З. Б., Валеев Т. К., Рахматуллин Н. Р., Иванов Д. Е., Спиринов В. Ф. Эколого-гигиеническая характеристика окружающей среды и состояние здоровья населения на территориях добычи и транспорта нефти // Ульяновский медико-биологический журнал. 2018. № 4.

Suleimanov R. A., Baktybaeva Z. B., Valeev T. K., Rakhmatullin N. R., Ivanov D. E., Spirin V. F. Environmental and Hygienic Environmental Characteristics and Public Health on the Territories of Crude Oil Production and Transportation. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medico-biological Journal]. 2018, 4. [In Russian]

14. Appenzeller B. M., Tsatsakis A. M. Hair analysis for biomonitoring of environmental and occupational exposure to organic pollutants: state of the art, critical review and future needs. *Toxicol Lett*. 2012, 210 (2), pp. 119–40. doi: 10.1016/j.toxlet.2011.10.021.

15. Bekmukhambetov Y., Imangazina Z., Jarkenov T., et al. Cancer incidence and mortality data in Aktobe, West Kazakhstan, 2000–2010. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2015, 16, pp. 2379–83.

16. Bekmukhambetov Y., Mamyrbayev A., Jarkenov T., et al. Interdisciplinary Approaches to Assessing the Health of People Living in Environmentally Adverse Conditions. *Iran J Public Health*. 2019, 48, pp.1627–35.

17. Berdesheva G. A., Moldashev Zh. A., Koishyulova G. U., Besimbayeva Zh. B., Srazh B. B.

Izenbayev Y., Zhubaniyazova A. S. Criterion indicators in environment quality assessment. *Medit. J. Soc. Sci.* 2014, 5 (23), p. 2638. doi: 10.5901/mjss.2014.v5n23p26386.

18. Horn P. S., Feng L., Li Y., Pesce A. J. Effect of outliers and nonhealthy individuals on reference interval estimation. *Clin Chem.* 2001, 47 (12), pp. 2137-45. PMID: 11719478.

19. Idrissova G. Z., Akhmedenov K. M., Sergeeva I. V., Ponomareva A. L., Sergeeva E. S. Monitoring studies of the ecological state of springs in the Aktobe region in Western Kazakhstan. *J Pharm Sci & Res.* 2017, 9, pp. 1122-7.

20. International Federation of Clinical Chemistry. Approved recommendation (1987) on the theory of reference values. Part 5. Statistical treatment of collected reference values. Determination of reference limits. *J Clin Chem Clin Biochem.* 1987, 25, pp. 645-56.

21. Jenkins D. J. A., Kitts D., Giovannucci E. L., et al. Selenium, antioxidants, cardiovascular disease, and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr.* 2020, 112 (6), pp. 1642-1652. doi: 10.1093/ajcn/nqaa245.

22. Kenessary D., Kenessary A., Adilgireiuly Z., Akzholova N., Erzhanova A., Dosmukhametov A., Syzdykov D., Masoud A.R., Saliev T. Air Pollution in Kazakhstan and Its Health Risk Assessment. *Ann Glob Health.* 2019 Nov 8, 85 (1), p. 133. doi: 10.5334/aogh.2535. PMID: 31750082; PMCID: PMC6838766.

23. Kenessary D., Kenessary A., Kenessariyev U. I., Juszkiewicz K., Amrin M. K., Erzhanova A. E. Human health cost of hydrogen sulfide air pollution from an oil and gas Field. *Ann Agric Environ Med.* 2017 Jun 8, 24 (2), pp. 213-216. doi: 10.26444/aaem/74562. Epub 2017 Jun 8. PMID: 28664696.

24. Kudabayeva K., Batyrova G., Bazargaliyev Y., Agzamova R., Nufitova A. Microelement status in children with enlarged thyroid gland in West Kazakhstan region. *Georgian medical news.* 2017, 2 (263), pp. 64-71.

25. Kudabayeva K. I., Batyrova G. A., Bazargaliyev Y. Sh., Baspakova A. M., Sakhanova S. K. Hair trace element composition in 6- to 12-year-old children with goiter in West Kazakhstan, a province of the Republic of Kazakhstan. *J. Elem.* 2018, 23 (2), pp. 647-657. doi: 10.5601/jelem.2017.22.3.1369.

26. Liu B., Cai Z. Q., Zhou Y. M. Deficient zinc levels and myocardial infarction: association between deficient zinc levels and myocardial infarction: a meta-analysis. *Biol Trace Elem Res.* 2015, 165 (1), pp. 41-50. doi: 10.1007/s12011-015-0244-4. Epub 2015 Jan 28. PMID: 25627421.

27. Mikulewicz M., Chojnacka K., Gedrange T., Górecki H. Reference values of elements in human hair: a systematic review. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2013, 36 (3), pp. 1077-86. doi: 10.1016/j.etap.2013.09.012.

28. Mostafalou S., Abdollahi M. Pesticides: an update of human exposure and toxicity. *Arch Toxicol.* 2017, 91 (2), pp. 549-599. doi: 10.1007/s00204-016-1849-x.

29. Nadal M., Garcia F., Schuhmacher M., Domingo J. L. Metals in biological tissues of the population living near a hazardous waste incinerator in Catalonia, Spain: Two decades of follow-up. *Environ Res.* 2019, 176, p. 108578. doi: 10.1016/j.envres.2019.108578.

30. Nemery B., Banza Lubaba Nkulu C. Assessing exposure to metals using biomonitoring: Achievements and challenges experienced through surveys in low- and middle-income countries. *Toxicol Lett.* 2018, 298, pp. 13-18. doi: 10.1016/j.toxlet.2018.06.004.

31. Ozarda Y. Reference intervals: current status, recent developments and future considerations. *Biochimica Medica.* 2016, 26 (1), pp. 5-16. <https://doi.org/10.11613/bm.2016.001>.

32. Poulsen O. M., Holst E., Christensen J. M. Calculation and application of coverage intervals for biological reference values (Technical report). *Pure and Applied Chemistry.* 1997, 69 (7), pp. 601-1611.

33. Pozebon D., Scheffler G. L., Dressler V. L. Elemental hair analysis: A review of procedures and applications. *Anal Chim Acta.* 2017, 992, pp. 1-23. doi: 10.1016/j.aca.2017.09.017.

34. Prasad A. S. Discovery of human zinc deficiency: 50 years later. *J Trace Elem Med Biol.* 2012, 2-3, pp. 66-9. doi: 10.1016/j.jtemb.2012.04.004.

35. Rayman M. P. Multiple nutritional factors and thyroid disease, with particular reference to autoimmune thyroid disease. *Proc Nutr Soc.* 2019, 78 (1), pp. 34-44. doi: 10.1017/S0029665118001192.

36. Rayman M. P. Selenium and human health. *Lancet.* 2012, 379 (9822), pp. 1256-1268. doi: 10.1016/S0140-6736(11)61452-9. Epub 2012 Feb 29. PMID: 22381456.

37. Ścibior A., Pietrzyk Ł., Plewa Z., Skiba A. Vanadium: Risks and possible benefits in the light of a comprehensive overview of its pharmacotoxicological mechanisms and multi-applications with a summary of further research trends. *J Trace Elem Med Biol.* 2020, 61, p. 126508. doi: 10.1016/j.jtemb.2020.126508.

38. Skalny A. V., Kaminskaya G. A., Krekesheva T. I., Abikenova S. K., Skalnaya M. G., Berezkina E. S., Grabeklis A. R., Tinkov A. A. The level of toxic and essential trace elements in hair of petrochemical workers involved in different technological processes. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2017, 24 (6), pp. 5576-5584. doi: 10.1007/s11356-016-8315-4.

39. Skalny A. V., Skalnaya M. G., Tinkov A. A., Serebryansky E. P., Demidov V. A., Lobanova Y. N., Grabeklis A. R., Berezkina E. S., Gryazeva I. V., Skalny A. A., Skalnaya O. A., Zhivaev N. G., Nikonorov A. A. Hair concentration of essential trace elements in adult non-exposed Russian population. *Environ Monit Assess.* 2015, 187 (11), p. 677. doi: 10.1007/s10661-015-4903-x.

40. Skalny A. V., Skalnaya M. G., Tinkov A. A., Serebryansky E. P., Demidov V. A., Lobanova Y. N., Grabeklis A. R., Berezkina E. S., Gryazeva I. V., Skalny A. A., Nikonorov A. A. Reference values of hair toxic trace elements content in occupationally non-exposed Russian population. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2015, 40 (1), pp. 18-21. doi: 10.1016/j.etap.2015.05.004.

41. Shi Y., Yang W., Tang X., Yan Q., Cai X., Wu F. Keshan Disease: A Potentially Fatal Endemic Cardiomyopathy in Remote Mountains of China. *Front Pediatr.* 2021, 9, p. 576916. doi: 10.3389/fped.2021.576916.

42. Verna G., Sila A., Liso M., Mastronardi M., Chieppa M., Cena H., Campiglia P. Iron-Enriched Nutritional Supplements for the 2030 Pharmacy Shelves. *Nutrients.* 2021, 13 (2), p. 378. doi: 10.3390/nu13020378.

43. Wu X., Tang J., Xie M. Serum and hair zinc levels in breast cancer: a meta-analysis. *Sci Rep.* 2015, 5, p. 12249. Published 2015 Jul 16. doi: 10.1038/srep12249.

Контактная информация:

Батырова Гульнара Арыстангалиевна – PhD, руководитель кафедры клинической лабораторной и визуальной диагностики, НАО «Западно-Казахстанский медицинский университет имени Марата Оспанова»

Адрес: Республика Казахстан, г. Актобе, 030019, ул. Маресьева, д. 68

E-mail: batyrovagulnara77@gmail.com