

Сальникова Е.В., Бурцева Т.И., Скальный А.В.

**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В БИОСФЕРЕ И ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА**

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», 460018, Оренбург

Из данных литературы известно, что актуальными являются исследования содержания и влияния на организм химических элементов. Особенно важно проведение таких исследований на урбанизированных территориях. К таким территориям, несомненно, относится Оренбургская область, так как добыча и переработка полезных ископаемых (металлическая руда, углеводороды и т. д.) ведутся с XII века. В связи с этим на территории Оренбургской области проведено комплексное широкомасштабное исследование элементного статуса территории. В 35 административных районах области были отобраны пробы окружающей среды и биосубстраты (волосы) постоянно проживающего населения. Исследования по определению химических элементов (Zn, Cu, Cd, Pb) в биосубстратах проводили в АНО «ЦБМ», а в пробах окружающей среды проводили в лаборатории Испытательного Центра ГНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства» РАСХН. Результаты исследований показывают, что на содержание эссенциальных и токсичных микроэлементов в природных средах оказывают факторы природного и техногенного характера. Установлено, что в подземных водах обнаружено минимальное содержание цинка, меди, кадмия и свинца в образцах районов Западного и Центрального Оренбуржья. Наряду с этим концентрация цинка, меди, кадмия и свинца в воде Восточной зоны приближается к предельно допустимой концентрации. Также отмечено, что концентрация в почвах цинка и меди соответствовала ПДК в пробах из Восточного Оренбуржья. Проведённое исследование микроэлементного состава волос населения Оренбургской области показало, что содержание жизненно важных химических элементов (цинка и меди) в организме исследуемого населения не соответствует референтным значениям, следовательно, установлен повышенный уровень исследуемых элементов у женского населения Восточной зоны и пониженный уровень цинка и меди у обследованного населения Центральной и Западной зоны. Корреляционно-регрессионный анализ позволил установить, что содержание химических элементов в почве оказывает значимое, достоверное ($p \leq 0,05$) влияние на элементный статус обследованных жителей Оренбургской области.

Ключевые слова: микроэлементы; объекты окружающей среды; население; заболеваемость; здоровье.

Для цитирования: Сальникова Е.В., Бурцева Т.И., Скальный А.В. Региональные особенности содержания микроэлементов в биосфере и организме человека. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(2): 148-152. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-148-152>

Для корреспонденции: Бурцева Татьяна Ивановна, доктор биол. наук, доц., проф. каф. Безопасности жизнедеятельности, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург. E-mail: burtat@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 26.06.2017

Принята к печати 18.10.2017

Salnikova E.V., Burtseva T.I., Skalny A.V.

REGIONAL PECULIARITIES OF TRACE ELEMENTS IN THE BIOSPHERE AND THE HUMAN BODY

Orenburg State University, Orenburg, 460018, Russian Federation

From literary data it is known the investigation of contents and influence on an organism of chemical elements to be urgent, the carrying out such researches in the urbanized territories is especially important. The Orenburg region as production and processing of minerals (metal ore, hydrocarbons, etc.) undoubtedly treats such territories having been conducted since the 12th century. In this regard in the territory of the Orenburg region, the complex large-scale research of the trace element status of the territory is implemented. In 35 administrative regions of area samples of a surrounding environment and biosubstrate (hair) of constantly living population was taken. Research on the detection of chemical elements (Zn, Cu, Cd, Pb) in biosubstrate were carried out in the Autonomous non-profit organization "Center for Biotic Medicine", and samples of a surrounding environment were examined in laboratories of the Exploring Center "All-Russian scientific research institute of meat cattle breeding" of the Russian Academy of Agrarian Sciences. Results of researches show factors of natural and technogenic character to have an impact on the maintenance of essential and toxic minerals in the environment. In underground waters, there was established the minimum content of zincum, copper, cadmium, and lead to be revealed in samples from areas of the Western and the Central Orenburg region. Moreover, the concentration of zincum, copper, cadmium, and lead in water of East zone, achieves the threshold limit value. The concentration in soils of zincum and copper was found to correspond to the maximum allowable concentration in samples from the East Orenburg region. The performed research of trace element structure of hair of the population of the Orenburg region showed both the content of the vital chemical elements (Zincum and copper) in an organism of the studied population to fail to correspond to reference values, the increased level of the studied elements (woman) in inhabitants of East zone, and the lower level zincum and

copper in the examined population of the Central and Western area. The correlation and regression analysis allowed to establish the content of chemical elements in the soil to have the significant, reliable ($p \leq 0.05$) influence on the element status of the examined residents of the Orenburg region.

Key words: trace elements; objects of a surrounding environment; population; incidence, health

For citation: Salmikova E. V., Burtseva T. I., Skalny A. V. Regional peculiarities of trace elements in the biosphere and the human body. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(2): 148-152. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-148-152>

For correspondence: Tatyana I. Burtseva, MD, Ph.D., DSci., associate professor, of the Department of Life safety of the Orenburg State University, Orenburg, 460018, Russian Federation. E-mail: burtat@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received: 26 June 2017

Accepted: 18 October 2017

Введение

Изучение микроэлементного статуса населения отдельных биогеохимических провинций всегда вызывает большой интерес. Известны данные о содержании ключевых элементов живого вещества – биогенных элементов – углерода, азота, водорода, фосфора и некоторых других [1].

Актуальными являются исследования биологической роли химических элементов, присутствующих в организмах в микро- и субмикрочислительствах (медь, цинк, селен, бром, бор, фтор, серебро, золото и др.). В работах академиков А.П. Авцына и А.А. Жаворонкова показана необходимость изучения географической и экологической патологии, обусловленной избытком или дефицитом микроэлементов для аномальных биогеохимических регионов страны [2, 3]. Оренбургская область является одним из регионов России с повышенным уровнем антропогенной нагрузки. Ведущие отрасли промышленности располагаются на её территории: химическая, нефтехимическая, топливная, чёрная и цветная металлургия, пищевая. В районах размещения крупных промышленных предприятий изменение среды обитания человека сопровождается формированием химических аномалий, изменяющих со временем элементный статус не только работников промышленных предприятий, но и населения, не занятого в производстве. Неблагоприятные изменения отражаются на состоянии здоровья и проявляются снижением естественной сопротивляемости организма, функциональными изменениями в различных физиологических системах вплоть до развития болезни [4].

Исследования, проведенные в разных районах мира, показывают, что имеется определенная связь между содержанием в воде и почве ряда микроэлементов и частотой возникновения некоторых заболеваний. Целый ряд факторов воздействует на человека, а микроэлементы – это лишь одна из сторон указанных связей. Исследователи (В.М. Боев, В.Ф. Куксанов, В.В. Быстрых, 2002) напрямую связывают неуклонный рост заболеваемости и смертности населения в Оренбургской области с загрязнением биосферы тяжёлыми металлами. Например, была установлена корреляционная связь (более 95%) между содержанием цинка, меди, свинца и распространённостью злокачественных новообразований [5–7].

В связи с вышеизложенным, целью наших исследований является определение содержания эссенциальных (цинка и меди) и токсичных (свинца и кадмия) микроэлементов в подземных водах и почвах Оренбургской области, а также определение возможного их накопления в организме жителей, проживающих на территории области.

Материал и методы

Объектом исследования послужили подземные воды и почвы из 35 административных районов Оренбургской области ($n = 1050$), а также биосубстратов волос ($n_{\text{мужчин}} = 210$; $n_{\text{женщин}} = 210$) жителей этих регионов. Оценивали содержание и распределение микроэлементов (цинка и меди), а также токсичных элементов (свинца и кадмия) по трём природно-климатическим зонам Оренбургской области: Восточной, Центральной и Западной.

Определение содержания цинка, меди, кадмия и свинца в исследуемых объектах окружающей среды (вода, почва) проводили по стандартизированным методикам в аккредитованной лаборатории Испытательного Центра ГНУ «Всероссийский НИИ мясного скотоводства» РАСХН (аттестат аккредитации И.Л. ПООСРУ 000121 ПФ 59) методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Оценка элементного состава биосубстратов человека (волосы) проводилась в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (г. Москва, аттестат аккредитации ГСЭН.RU.ЦОА.311, рег. № в Госреестре РОСС RU.0001.513118) с использованием методов атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной аргоновой плазмой (АЭС-ИСП и МС-ИСП) на приборах ICAP-9000 ThermoJarrellAsh (США), PerkinElmerOptima 2000DV (США) согласно методическим указаниям [8].

Собственные результаты по содержанию химических элементов в волосах сравнивали с референтными значениями по [9].

Результаты

На первом этапе исследований определяли содержание микроэлементов цинка и меди, а также токсичных металлов свинца и кадмия в подземных водах.

В результате проведённых исследований подземных вод обнаружено минимальное содержание цинка в образцах районов Западного и Центрального Оренбуржья (1,99 мг/л и 1,44 мг/л соответственно), находящиеся значительно ниже допустимых значений. Среднее значение концентрации цинка в воде районов, расположенных в Восточной зоне, приближается к ПДК и составляет 4,73 мг/л (табл. 1).

Установлено, что среднее значение содержания меди в водах районов Центрального и Западного Оренбуржья ниже ПДК в 16 и 12 раз соответственно. Однако концентрация меди в районах, расположенных в Восточном Оренбуржье, составила 1,053 мг/л, что достоверно ($p \leq 0,001$) выше содержания последнего в Западной зоне в 13,2 раза и в Центральной в 17,6 раз.

Таблица 1

Содержание исследуемых микроэлементов в подземных водах Оренбургской области

Зоны Оренбургской области	Химический элемент, мг/л			
	Zn	Cu	Cd	Pb
Западная	1,99 ± 0,099	0,08 ± 0,004	0,001 ± 0,00005	0,02 ± 0,001
Центральная	1,44 ± 0,072	0,06 ± 0,003	0,001 ± 0,00005	0,02 ± 0,001
Восточная	4,73 ± 0,237	1,053 ± 0,053*	0,0006 ± 0,00003*	0,03 ± 0,0015
ПДК	5,00	1,00	0,001	0,03

Примечание. * – $p \leq 0,001$ достоверные отличия по отношению к Западной и Центральной зонам.

Проведёнными исследованиями установлено, что уровень свинца во всех исследованных районах не превышал ПДК (0,3 мг/л). В то же время в подземных водах Тощого района (Западное Оренбуржье) установлены высокие концентрации кадмия, в 6,8 раз выше ПДК. В Саракташском, Оренбургском, Октябрьском и Акбулакском районах (Центральное Оренбуржье) содержание кадмия в исследуемых пробах воды колеблется от 0,002 до 0,004 мг/л, что выше ПДК в 2 и 4 раза соответственно. Кроме всего, наблюдается достоверное снижение последнего на 40% ($p \leq 0,001$) в сравнении с Западной и Центральной зонами. В пробах подземных вод остальных исследованных нами районов Оренбургской области кадмия не обнаружено.

Следующим этапом исследований являлось определение содержания микроэлементов цинка и меди, а также токсичных металлов свинца и кадмия в почвах Оренбургской области. Большая часть почвенного покрова терри-

тории Оренбуржья представлена песками, солонцами, аллювиальными (илогато-торфяными) почвами, неполно-развитыми (профиль которых не имеет полного набора генетических горизонтов) почвами, тёмно-каштановыми, солонцеватыми и др. [10].

Результаты исследований показывают, что в почвах Западного Оренбуржья содержание цинка, меди и кадмия не превышает ПДК (табл. 2).

Изучая полученные результаты содержания цинка, мы отмечаем мозаичное распределение в почвах всех исследуемых элементов. Так, низкие значения концентраций цинка обнаружены в почвах Красногвардейского (6,35 мг/кг) и Сорочинского (8,97 мг/кг) районов. Содержание меди минимально во всех исследуемых образцах почв Западного и Центрального Оренбуржья и изменяется в пределах от 0,14 до 2,69 мг/кг. Тогда как в трёх районах из четырнадцати (21,43%), расположенных в Западной зоне, наблюдались высокие концентрации свинца, превышающие ПДК в среднем на 1,33. Средние значения содержания кадмия в Западной зоне составили 0,10 мг/кг, в Центральной – 0,12 мг/кг, а на востоке области – 0,07 мг/кг.

Исследование элементов в волосах жителей Оренбургской области даёт возможность выявить на ранней стадии наличие патологических процессов [11]. В связи с этим, следующим этапом наших исследований являлось изучение микроэлементного состава волос жителей Оренбургской области. Содержание эссенциальных (цинка и меди) и токсичных (свинца и кадмия) микроэлементов в волосах обследованных лиц представлено в табл. 3, 4.

Из табл. 3 следует, что содержание цинка было ниже референтных значений в волосах мужчин Центрального Оренбуржья, а также у женщин, проживающих в районах

Таблица 2

Содержание элементов в почвах Оренбургской области

Зоны Оренбургской области	Химический элемент, мг/кг			
	Zn	Cu	Cd	Pb
Западная	13 ± 0,64	0,65 ± 0,032	0,10 ± 0,005	3,7 ± 0,184
Центральная	9,25 ± 0,47	1,05 ± 0,053	0,12 ± 0,006	2,9 ± 0,144
Восточная	24 ± 1,2 ↑	2,7 ± 0,135	0,07 ± 0,004	2,8 ± 0,143
ПДК	23,00	3,00	0,30	6,00

Примечание. Здесь и в табл. 3: ↑ – повышенное содержание (или превышает значение ПДК).

Таблица 3

Содержание эссенциальных микроэлементов в волосах населения в возрасте 25–50 лет, проживающего на территории Оренбургской области

Зоны Оренбургской области	Химический элемент, мкг/г			
	Zn		Cu	
	мужчины, n = 210	женщины, n = 210	мужчины, n = 210	женщины, n = 210
Западная	164 ± 3	171 ± 2,9 ↓	17 ± 0,87	15 ± 0,79
Центральная	131 ± 3,8 ↓	131 ± 3,8 ↓	16 ± 0,84	16 ± 0,8
Восточная	214 ± 2,3 ↑	253 ± 1,9 ↑	18 ± 0,91	17 ± 0,88
Референтные значения:*				
нижнее	150,00	180,00	10,00	11,00
верхнее	200,00	230,00	25,00	17,00

Примечание. ↓ – пониженное содержание (или ниже референтных значений). Здесь и в табл. 4: * – референтные значения – по [9].

Содержание токсичных элементов в волосах населения в возрасте 25–50 лет, проживающего на территории Оренбургской области

Зоны Оренбургской области	Химический элемент, мкг/г			
	Cd		Pb	
	мужчины, $n = 210$	женщины, $n = 210$	мужчины, $n = 210$	женщины, $n = 210$
Западная	$0,09 \pm 3,04$	$0,09 \pm 2,92$	$1,21 \pm 0,061$	$0,88 \pm 0,044$
Центральная	$0,023 \pm 3,8$	$0,022 \pm 3,80$	$0,87 \pm 0,043$	$0,83 \pm 0,041$
Восточная	$0,21 \pm 2,34$	$0,23 \pm 1,97$	$2,68 \pm 0,132$	$2,24 \pm 0,109$
Референтные значения:				
нижнее	0,00	0,00	0,00	0,00
верхнее	0,25	0,25	3,00	3,00

Центральной и Западной зоны. Напротив, повышенный уровень цинка, в волосах населения зафиксирован у жителей семи районов из восьми (87,5 %), расположенных в Восточном Оренбуржье.

Превышение референтных значений по меди не было выявлено ни в одном из исследованных районов Центрального Оренбуржья. В волосах жителей двух районов (Северном и Сорочинском), из четырнадцати расположенных в Западной зоне, наблюдалось превышение верхнего уровня референтных значений по меди. Данные представленные в табл. 4 показывают, что содержание кадмия не выходит за пределы референтных значений за исключением Восточной зоны, в которой изученный показатель значительно выше и приближался к верхнему уровню установленных значений. Содержание свинца в волосах жителей районов Центральной и Западной зоны не превышает референтных значений (см. табл. 4). Установлено, что у обследованного населения Восточного Оренбуржья повышен уровень свинца в трёх районах из восьми, находящихся на его территории (Адамовском, Светлинском, Ясенском).

Для выявления степени влияния содержания различных элементов в окружающей среде на человека проведен корреляционно-регрессионный анализ. Для начала оценили связь между элементами в биосубстратах (волосы) и пробах окружающей среды (вода, почва). Установлено, что рассмотрению подлежит связь между тремя парами признаков:

- цинка в почве/волосы, связь достоверная ($p \leq 0,05$),
- свинец в почве/волосы, связь достоверная ($p \leq 0,05$),
- медь в почве/кадмий в волосах, связь достоверная ($p \leq 0,05$).

Далее проведён регрессионный анализ для каждой из пары выше указанных признаков.

В качестве результативного признака рассматривается содержание цинка в волосах, факторными признаками которого являются концентрации цинка в почве.

Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 12,327x_1 - 22,767,$$

где x_1 – концентрация цинка в почве.

Индекс множественной корреляции R составил 0,64, что говорит о высокой зависимости концентрации цинка в волосах от концентрации факторных признаков. Индекс детерминации $R^2 = 0,41$ показывает, что изменение концентрации цинка в волосах на 41% объясняется вариациями содержания цинка в почве. Полученное значение F -критерий Фишера $F = 7,749$ с вероятностью $p = 0,017$ утверждает статистическую значимость полученного уравнения регрессии и индекса детерминации. Таким

образом, содержание цинка в почве оказывает значимое влияние на содержание цинка в волосах.

Следующим результативным признаком рассматривается содержание кадмия в волосах, факторными признаками которого являются концентрации кадмия в почве.

Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 0,1599x_1 - 0,936,$$

где x_1 – концентрация кадмия в почве.

Индекс множественной корреляции R составил 0,71, что говорит о значимой зависимости концентрации кадмия в волосах от концентрации факторных признаков. Индекс детерминации $R^2 = 0,51$ показывает, что изменение концентрации кадмия в волосах на 51% объясняется вариациями содержания рассматриваемого элемента.

Полученное значение F -критерий Фишера $F = 6,25$ с вероятностью $p = 0,0465$ утверждает статистическую значимость полученного уравнения регрессии и индекса детерминации. Таким образом, содержание кадмия в почве оказывает значимое влияние на содержание кадмия в волосах.

Следующим результативным признаком рассматривается содержание кадмия в волосах, факторным признаком которого является концентрация цинка в почве.

Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 0,176 - 0,041x_1,$$

где x_1 – концентрация цинка в почве.

Индекс множественной корреляции R составил 0,75, что говорит о сильной зависимости концентрации кадмия в волосах от концентрации цинка в почве. Индекс детерминации $R^2 = 0,56$ показывает, что изменение концентрации кадмия в волосах на 56% объясняется вариациями содержания цинка в почве.

Полученное значение F -критерий Фишера $F = 7,59$ с вероятностью $p = 0,033$ утверждает статистическую значимость полученного уравнения регрессии и индекса детерминации. Таким образом, содержание цинка в почве оказывает значимое влияние на содержание кадмия в волосах.

Обсуждение

Итак, повышенное содержание меди в подземных водах Восточного Оренбуржья, на наш взгляд, связано с тем, что районы Восточной зоны находятся в полосе медно-колчеданных месторождений (Блявинское, Гайское), на этой же территории находится Медногорский медно-серный комбинат. Выбросы этого предприятия оставляют свой след в подземных водах.

Кроме того, отмечено, что почвы Новоорского, Кваркенского, Гайского и Адамовского районов (Восточное Оренбуржье) характеризуются повышенными концентрациями цинка и меди, превышение ПДК их в среднем составляет 1,08 и 1,1 раз соответственно. Данная ситуация, по нашему мнению, связана с работой одного из крупнейших в России металлургических комбинатов ОАО «Уральская Сталь» (г. Новотроицк). На этой же территории располагаются Новотроицкий завод хромовых соединений, Южно-Уральский криолитовый завод, Гайский горно-обогатительный комбинат, Медногорский медносерный комбинат. Выбросы этих предприятий наносят вред окружающей среде. Результаты исследований по содержанию цинка и меди в почвах Оренбуржья согласуются с данными, приведёнными в литературе [12, 13].

Заключение

Результаты исследований показывают, что на содержание эссенциальных и токсичных микроэлементов в природных средах оказывают факторы природного и техногенного характера. Природные факторы обусловлены геологическим строением территории, т. е. химическим составом руд и вмещающих их пород. С добычей и переработкой медноколчеданных руд связаны техногенные факторы загрязнения, что в итоге приводит к изменению химического состава почв и подземных вод районов исследования.

Проведённое исследование микроэлементного состава волос населения Оренбургской области показало, что содержание ряда жизненно важных химических элементов в организме исследуемого населения не соответствует референтным значениям: выявлен повышенный уровень цинка и меди (женщины) у жителей Восточной зоны; пониженный уровень цинка и меди у обследованного населения Центральной и Западной зоны. Данный факт требует разработки научно-практических мер по профилактике дисбаланса элементов организма населения и его коррекции.

Корреляционно-регрессионный анализ позволил установить, что содержание химических элементов в почве оказывает значимое, достоверное ($p \leq 0,05$) влияние на элементный статус обследованных жителей Оренбургской области.

Литература

1. Литвинова Т.Н. и др. Биогенные элементы. Комплексные соединения: учеб. – метод. пособ. Ростов н/Д: Феникс; 2009.
2. Авцын А.П. Принципы классификации заболеваний биогеохимической природы. *Арх. пат.* 1983 (9): 3–14.
3. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. и др. Микроэлементозы человека. Монография. М.: Медицина; 1991.
4. Скальный А.В., Быков А.Т. Эколого-физиологические аспекты применения макро- и микроэлементов в восстановительной медицине. Оренбург: РИК ГОУ ОГУ; 2003.
5. Боев В.М. Гигиеническая характеристика влияния антропогенных и природных геохимических факторов на здоровье населения Южного Урала. *Гигиена и санитария.* 1998 (6): 3–8.

6. Куксанов В.Ф. Гигиенические аспекты обеспечения экологической безопасности и региональная система управления природной деятельностью. *Вестник ОГУ.* 2006 2 (1): 21–9.
7. Боев В.М., Куксанов В.Ф., Быстрых В.В. Химические канцерогены среды обитания и злокачественные новообразования. М.: Медицина; 2002.
8. Иванов С.И., Подунова Л.Г., Скачков В.Б., Тутельян В.А. Скальный А.В. и др. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрией. Методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03)–М., ФЦГ Минздрава России; 2003.
9. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС. *Микроэлементы в медицине.* 2003 4 (1): 55-6.
10. Прихожай Н.И., Новоженин И.А., Клевцов Н.В. Атлас мониторинга земель Оренбургской области. Оренбург: Печатный дом «Димур»; 2004.
11. Скальный А. В., Рудаков И.А. Биоэлементы в медицине. М.: Издательский дом «Оникс 21 век»; 2004.
12. Русанов А.М., Тесля А.В., Прихожай Н.И., Турлибекова Д.М. Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах г. Орска. *Вестник ОГУ.* 2012; 140 (4): 226–230.
13. Климентьев, А.И., Поляков Д.Г. Оценка эколого-геохимического состояния поверхностного слоя почв селитебных территорий Оренбургской области. Оренбург: *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН.* 2013 (2): 1–7.

References

1. Litvinova T.N. eds. Biogenic elements. Complex compound. ucheb-metod. Posob; Rostov n/D: Feniks; 2009. (in Russian)
2. Avtsyn A.P. Principles of classification of diseases of biogeochemical nature. *Arkh. pat.* 1983 (9): 3–14. (in Russian)
3. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. eds. Mikroelementozy rights. Monograph. M.: Meditsina; 1991. (in Russian)
4. Skalny A.V., Bykov A.T. Ecological and physiological aspects of the application of macro- and microelements in restorative medicine. Orenburg: RIK GOU OGU; 2003. (in Russian)
5. Boev V.M. Hygienic characteristics of the impact of anthropogenic and natural geochemical factors on the health of the population of the Southern Urals. *Gigienaisanitariya.* 1998 (6): 3–8. (in Russian)
6. Kuksanov V.F. Hygienic aspects of ensuring environmental safety and a regional natural resource management system. *Vestnik OGU.* 2006; 2 (1): 21–9. (in Russian)
7. Boev V.M., Kuksanov V.F., Bystrykh V.V. Chemical carcinogens of habitat and malignant neoplasms. M.: Meditsina; 2002. (in Russian)
8. Ivanov S.I., Podunova L.G., Skachkov V.B., Tutel'yan V.A. Skal'nyy A.V. eds. Determination of chemical elements in biological media and preparations using atomic-emission spectrometry with inductively coupled plasma and mass spectrometry. MUK 4.1.1482-03, MUK 4.1.1483-03. M., FTsG Minzdrava Rossii; 2003. (in Russian)
9. Skalny A.V. Reference values of concentration of chemical elements in hair, obtained by the ISP-AES method. *Mikroelementy v meditsine.* 2003; 4 (1): 55-6. (in Russian)
10. Prikhozhay N.I., Novozhenin I.A., Klevtsov N.V. Atlas of monitoring the lands of the Orenburg region. Orenburg: Pechatnyydom «Dimur»; 2004. (in Russian)
11. Rusanov A.M. Teslya A.V., Prikhozhay N.I., Turlibekova D.M. The content of gross and mobile forms of heavy metals in soils in the city of Orsk. *Vestnik OGU.* 2012; 140 (4): 226–30. (in Russian)
12. Klimentev A.I., Polyakov D.G. Assessment of the ecological and geochemical state of the surface layer of soils in residential areas of the Orenburg Region. Orenburg: *Byulleten' OrenburgskogonauchnogotsentraUrO RAN.* 2013; 2: 1–7. (in Russian)
13. Skalny A. V., Rudakov I.A. Bioelements in medicine. M.: Izdatelskiydom «Oniks 21 vek»; 2004. (in Russian)