

Рафикова Ю.С.¹, Семенова И.Н.¹, Суюндуков Я.Т.¹, Биктимерова Г.Я.¹, Рафиков С.Ш.²

РЕЗУЛЬТАТЫ БИОМОНИТОРИНГА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ У ДЕТЕЙ ГОРНОРУДНОГО РЕГИОНА БАШКОРТОСТАНА

¹Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан», г. Сибай, Республика Башкортостан, Россия;

²ГОУ ВПО Башкирский государственный медицинский университет Минздрава РФ, г. Уфа, Россия

В рамках поддержанного РГНФ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта № 15-16-02003 «Влияние социальных и экологических факторов на здоровье сельского населения Зауральской зоны Республики Башкортостан» проведено исследование содержания микроэлементов в волосах детей. Данный показатель является индикатором воздействия окружающей среды на организм. Обследованы 108 детей в возрасте от 7 до 14 лет, проживающих в Зауральской зоне Республики Башкортостан в различных экологических условиях: в населенных пунктах, где расположены крупные горно-обогатительные комбинаты (г. Сибай и пос. Бурибай Хайбуллинского района); в посёлках Баймакского района Ишимурзино, Тубинск, Семеновск, на территории которых находятся заброшенные карьеры по добыче полиметаллических руд, разрабатываемые в XX в. в течение длительного времени; в экологически чистой зоне – селе Старосубхангулово Бурзянского района вблизи Башкирского государственного заповедника. Образцы волос были подвергнуты многоэлементному анализу в аккредитованной испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины», Москва, Россия с применением комбинации методов атомно-эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Элементный статус детей Зауральской зоны Республики Башкортостан, проживающих в различных экологических условиях, отличается как по уровню содержания эссенциальных микроэлементов, так и по накоплению токсичных тяжёлых металлов. Общим для всех исследуемых групп детей является дефицит таких эссенциальных микроэлементов, как кобальт и хром, и избыток цинка и марганца. При среднем содержании, не превышающем условно допустимый биологический уровень, среди детей техногенной зоны чаще встречаются отдельные высокие значения концентраций токсичных элементов кадмия, ртути, алюминия и некоторых эссенциальных микроэлементов. Дети, проживающие в сельской местности без техногенного загрязнения, чаще подвержены дефициту меди и железа. Полученные данные могут быть использованы в качестве референсных значений содержания химических элементов в волосах детского населения горнорудных районов Республики Башкортостан.

Ключевые слова: микроэлементы; тяжёлые металлы; волосы; дети; биомониторинг; Республика Башкортостан.

Для цитирования: Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т., Биктимерова Г.Я., Рафиков С.Ш. Результаты биомониторинга микроэлементов у детей горнорудного региона Башкортостана. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(3): 245-250. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-3-245-250>

Для корреспонденции: Рафикова Юлия Самигуловна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан». E-mail shagit67@mail.ru

Rafikova Yu.S.¹, Semenova I.N.¹, Suyundukov Ya.T.¹, Biktimerova G.Ya.¹, Rafikov S.Sh.²

RESULTS OF BIOMONITORING FOR TRACE ELEMENTS IN CHILDREN OF THE MINING REGION OF BASHKORTOSTAN

¹Sibay branch of the State Autonomous Scientific Institution "Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan", Sibay, 453830, Russian Federation;

²Bashkir State Medical University, Ufa, 450000, Russian Federation

The study of the trace elements status was carried out as a result of a multielement analysis of hair by ICP-MS within the framework of the Russian Humanitarian Science Foundation and the Government of the Republic of Bashkortostan research project №15-16-02003 «The impact of social and environmental factors on the health of the rural population Transural Region of the Republic of Bashkortostan». This parameter is an index of the impact of the environment on the human organism. A total of 108 children aged 7 - 14 years, residing in the Transural Region of Bashkortostan under different environmental conditions, were examined. The children were divided into three groups: (1) residents of communities where there are large processing plants (Sibay and Buribay Khaybullinsky District); (2) living in the villages of the Baimak district, on the territory with abandoned quarries ores developed for a long time in the 20th century; (3) living in an ecologically clean area - the village Starosubkhangulovo Burzyansky area near the Bashkir State Reserve. There are differences between the composition of trace elements in hair of children living in areas with different levels of the anthropogenic load. The lack of essential trace elements such as cobalt and chromium and an excess of zinc and manganese was common for all the studied groups of children. With an average grade of not exceeding the conditionally allowable biological level, some high values of the cadmium concentration of toxic elements, mercury, aluminum, and some essential trace elements are more common in children of technological areas. Children living in rural areas without anthropogenic pollution

appear to be more susceptible to copper deficiency and iron. The data obtained can be used as reference values of the content of chemical elements in the hair of the child population of the mining districts of the Republic of Bashkortostan.

Key words: *trace elements; heavy metals; hair; children; biomonitoring; Republic of Bashkortostan.*

For citation: Rafikova Yu.S., Semenova I.N., Suyundukov Ya.T., Biktimerova G.Ya, Rafikov S.Sh. Results of biomonitoring for trace elements in children of the mining region of Bashkortostan. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(3): 245-250. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-3-245-250>

For correspondence: *Yuliya S. Rafikova*, MD, Ph.D., senior researcher of the Sibay branch of the Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan, Sibay, 453830, Russian Federation. E-mail: shagit67@mail.ru

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

Acknowledgment. The work was supported in the framework of the Russian Humanitarian Science Foundation and the Government of the Republic of Bashkortostan research project №15-16-02003 «The impact of social and environmental factors on the health of the rural population Transural Region of the Republic of Bashkortostan».

Received: 10 February 2017

Accepted: 05 July 2017

Введение

В настоящее время существенный вклад в загрязнение окружающей среды вносится за счёт различных химических соединений, в том числе содержащих тяжёлые металлы. По степени опасности эти поллютанты занимают второе место после пестицидов и диоксинов, в значительной степени опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы [1]. Высокая токсичность тяжёлых металлов, их способность накапливаться в организме человека может спровоцировать развитие так называемых экологически обусловленных заболеваний [1, 2].

В то же время многие тяжёлые металлы относятся к микроэлементам, абсолютно необходимым для нормального функционирования организма [1].

Для установления реальной химической нагрузки и оценки степени неблагоприятного воздействия на здоровье и безопасность жизнедеятельности населения в последние годы используется химический анализ таких биологических сред человека, как волосы и ногти (МУ 2.1.10.2809–10) [3].

Уровень содержания химических элементов в волосах отражает нагрузку организма токсическими элементами и уровень обеспеченности организма человека эссенциальными элементами.

Использование результатов исследований такого рода для решения задач социально-гигиенического мониторинга конкретного региона позволяет определить минимальные и максимальные уровни химических элементов, при которых не наблюдается отклонений в состоянии здоровья населения, что позволяет оценивать их в качестве региональных нормативов.

Изучение эколого-физиологических особенностей элементного статуса взрослого населения Республики Башкортостан показало, что на данной территории под влиянием неблагоприятных экологических факторов в волосах людей происходит избыточное накопление приоритетных поллютантов Cd и Pb и ряда других элементов. Это приводит к формированию специфического спектра гипер- и гипозлементозов, которые, в первую очередь, могут повышать риск онкозаболеваемости, развития анемий, психоневрологических и нейроэндокринных расстройств, патологии репродуктивной системы [4].

Источниками загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами в Республике Башкортостан являются месторождения полиметаллических руд, основная часть которых расположена на территории Южного Урала и в Зауральской зоне. Промышленное освоение рудных месторождений усиливает геохимическую миграцию тяжёлых металлов, что приводит к накоплению их в токсичных

концентрациях в различных биологических средах и способствует развитию эколого-зависимых болезней [5–9].

Целью данного исследования, выполненного в рамках поддержанного РГНФ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта №15-16-02003 «Влияние социальных и экологических факторов на здоровье сельского населения Зауральской зоны Республики Башкортостан», было изучение элементного статуса детского населения Зауральской зоны Республики Башкортостан на основании данных многоэлементного анализа волос.

Материал и методы

Для выполнения поставленных задач в период с 2015 по 2016 гг. было проведено исследование элементного состава волос 108 детей в возрасте от 7 до 14 лет, из которых сформировали 3 группы. Первую группу составили дети, проживающие в населённых пунктах, в которых находятся крупные горнодобывающие предприятия, действующие более полувека и продолжающие функционировать в настоящее время: г. Сибай (численность населения на 01.01.2016 г. составила 62553 чел.), где расположен Сибайский филиал Учалинского горно-обогатительного комбината, и пос. Бурибай Хайбуллинского района (численность населения – 4 456 чел.), являющийся местом расположения Бурибаевского горно-обогатительного комбината. Во вторую группу вошли дети из населённых пунктов Баймакского района, расположенных в окрестностях отработанных карьеров (пос. Семеновск с населением 355 чел., Тубинск с населением 1162 чел., Ишмурзино с населением 1018 чел.). Третью выборка была составлена из детей, проживающих вблизи Башкирского Государственного заповедника в с. Старосубхангулово Бурзянского района с отсутствием техногенного загрязнения (население – 5846 чел.).

Отбор волос у детей производился с согласия родителей и в их присутствии. Образцы волос отбирались с затылочной зоны (МУК 4.1.1482–03, МУК 4.1.1483–03) в бумажные конверты и хранились в сухом месте при комнатной температуре. Полученные образцы были подвергнуты многоэлементному анализу в аккредитованной испытательной лаборатории АНО «Центр биотехнической медицины», Москва, Россия (ISO 9001:2008 сертификат 54Q10077 от 21.05.2010), с применением комбинации методов атомно-эмиссионной спектроскопии и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС и ИСП-МС) (МУК 4.1.1482–03, МУК 4.1.1483–03).

Математическую обработку полученных данных проводили при помощи программных пакетов Microsoft Excel XP (Microsoft Corp., США) и Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США) с использованием методов непараметрической статистики.

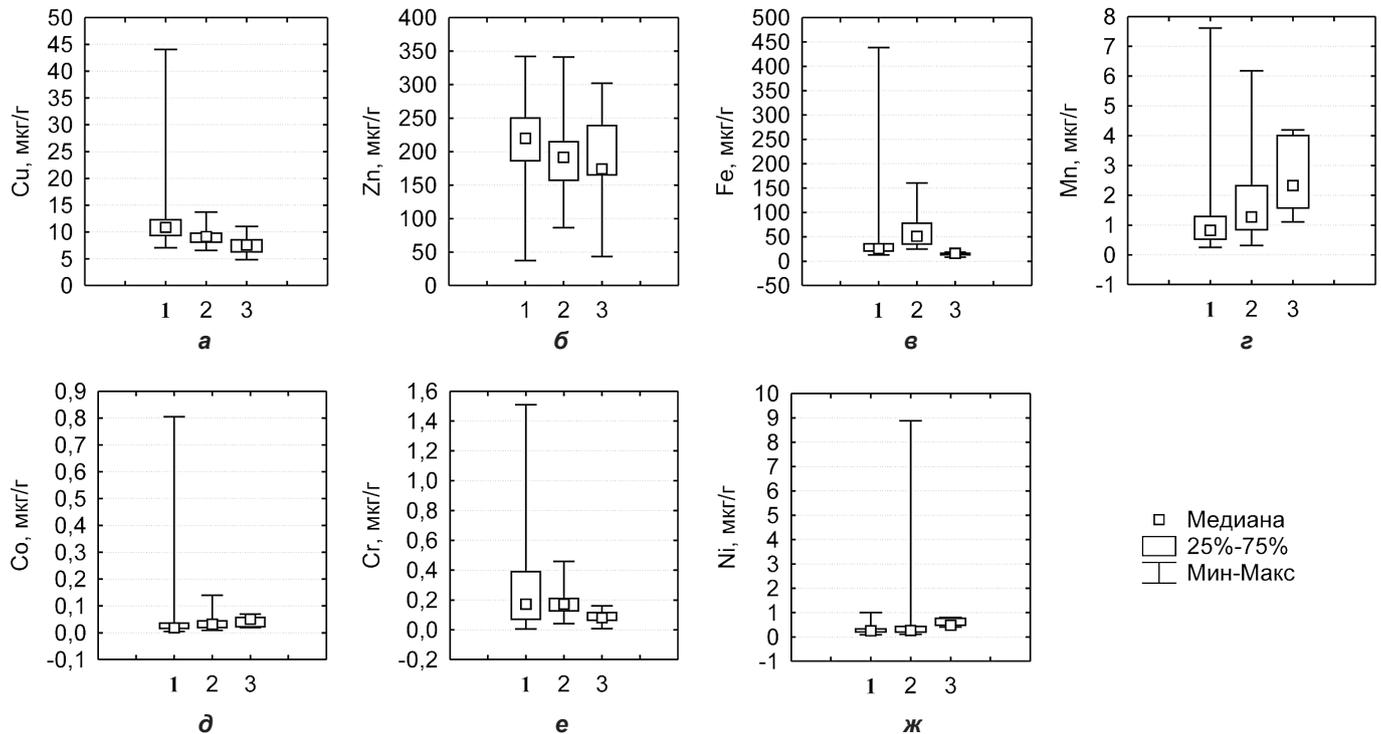


Рис. 1. Содержание эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов в волосах детей Башкирского Зауралья. 1, 2, 3 – номера исследуемых групп детей; а – медь; б – цинк; в – железо; г – марганец; д – кобальт; е – хром; ж – никель.

В качестве биологически допустимых уровней (БДУ) содержания химических элементов в волосах были взяты нормативы по допустимым уровням содержания токсических химических элементов, разработанные для рабочих, контактирующих с тяжёлыми металлами, и населения, приведённые в методических рекомендациях, утверждённых Минздравом СССР (МР 7-223-3129, 1989). Ввиду ограниченного количества химических элементов, для которых показатели допустимого содержания были разработаны, чтобы оценить отклонения, нами использованы условные биологически допустимые уровни (УБДУ), основанные на данных о верхнем и нижнем пределах физиологического содержания элементов в волосах. В данном исследовании в качестве УБДУ приняты референсные значения, используемые в АНО «Центр биотической медицины» [10, 11].

Результаты и обсуждение

В проведённых ранее исследованиях изучено содержание тяжёлых металлов в почвах и питьевой воде Башкирского Зауралья [12–15]. Показано, что содержание свинца, кадмия, кобальта, меди, цинка, никеля и хрома в питьевой воде в большинстве случаев находится в пределах предельно допустимых концентраций (ПДК). В то же время концентрация железа и марганца в ряде случаев значительно превышает нормативные значения. Содержание меди в изученных почвах варьировало в широких пределах: в г. Сибай – от 0,5 до 2,9 ПДК мг/кг, в пос. Бурибай – от 0,4 до 1,5 ПДК, в почвах Баймакского района – от 0,5 до 1,8 ПДК, в почвах Бурзянского района – 0,3 ПДК.

Сравнительное содержание в волосах детского населения Башкирского Зауралья эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов иллюстрирует рис. 1.

В качестве нормального уровня содержания меди в волосах детей рекомендовано значение 9 мг/кг [16]. Установлено, что медиана содержания меди в волосах детей всех

изученных групп не выходила за пределы УБДУ (8,0–15,0 мг/кг). Сравнение показателей между собой показало, что наибольший уровень этого химического элемента, равный 10,9 мг/кг, обнаружен в волосах детей первой группы, проживающих в зоне длительного воздействия со стороны горнорудных предприятий, продолжающегося по настоящее время. Наименьший уровень, равный 7,6 мг/кг, был выявлен у детей третьей группы, постоянно проживающих в Бурзянском районе в экологически чистой зоне. Максимальное значение этого химического элемента в волосах детей, равное 44,1 мг/г, было выявлено в первой группе (см. рис. 1, а).

Содержание цинка во всех изученных группах детей превышало УБДУ (80–170 мг/г): в первой группе – в 1,6 раза, во второй группе – в 1,4 раза, в третьей группе – в 1,3 раза. При этом во всех группах был отмечен большой разброс значений: от 37,1 до 342,0 мг/г в первой группе, от 86,5 до 341,0 мг/г во второй группе, от 43,4 до 302,0 мг/г в третьей группе. Нижний предел нормального содержания цинка в волосах детей равен 90 мг/г [16]. Таким образом, несмотря на повышенный средний уровень цинка по всем группам, у некоторых детей наблюдается его дефицит (см. рис. 1, б).

Выявлено значительное достоверное превышение / ($p < 0,05$) средних показателей содержания железа в волосах детей второй группы как УБДУ (14–30 мг/г) (выше в 2,0 раза), так и от соответствующих показателей для первой (выше в 2,0 раза) и третьей групп (выше в 3,1 раза). За нижний предел нормального содержания железа в волосах детей принято значение 12 мг/г [16]. Наименьший средний уровень железа (медиана равна 16,4 мг/г) был выявлен в волосах детей Бурзянского района (третья группа). Максимальные значения железа, равные 438,5 мг/г, были отмечены у детей первой группы, минимальные (8,3 мг/г) – у детей третьей группы (см. рис. 1, в).

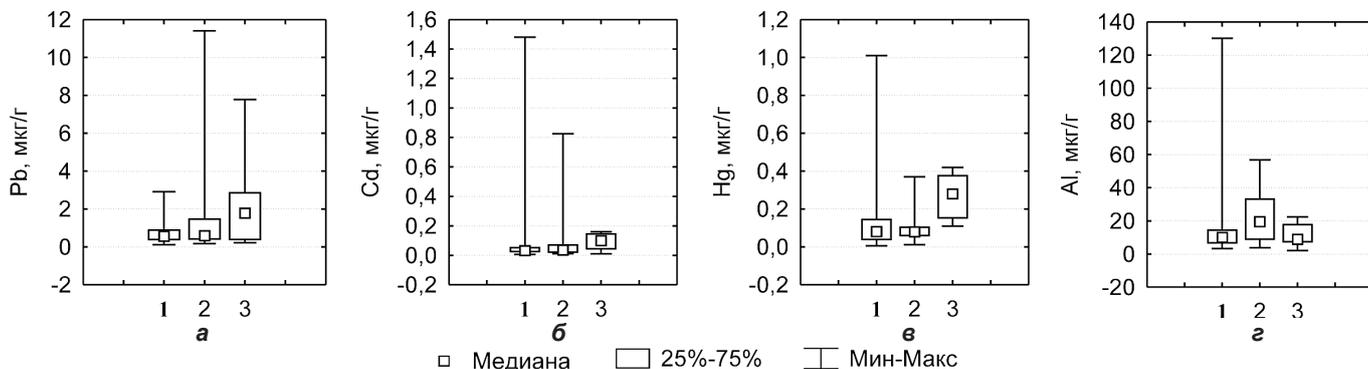


Рис. 2. Содержание токсичных и потенциально токсичных микроэлементов в волосах детей Башкирского Зауралья. 1, 2, 3 – номера исследуемых групп детей; а – свинец; б – кадмий; в – ртуть; z – алюминий.

Волосы детей третьей группы характеризовались высоким содержанием марганца (медиана равна 2,3 мкг/г), достоверно превышающим как УБДУ (0,4–1,0 мкг/г), так и показатели других изученных групп (медиана первой группы – 0,8 мкг/г, второй группы – 1,2 мкг/г). В качестве нижнего предела нормального содержания марганца в волосах детей рекомендована величина 0,3 мкг/г [16]. Ниже этой величины содержание марганца было выявлено только у некоторых детей первой группы. Во второй группе значения ниже 1,0 мкг/г встречались редко, в третьей группе таких значений не было (см. рис. 1, z).

Содержание кобальта в волосах детей всех групп было значительно ниже УБДУ (0,1–0,4 мкг/г) и составляло 0,02 мкг/г для первой, 0,03 мкг/г – для второй и 0,05 мкг/г для третьей группы. Эти значения гораздо ниже по сравнению аналогичными данными, полученными для детей 7–14 лет г. Санкт-Петербурга (0,101 мкг/г), Н. Новгорода (0,149 мкг/г), Иваново (0,198 мкг/г), Тулы (0,123 мкг/г), Новосибирска (0,167 мкг/г), Иркутска (0,150 мкг/г), Магадана (0,083 мкг/г) [16]. В то же время содержание кобальта в волосах детей практически совпадает с этими показателями для взрослого населения Республики Башкортостан (0,017 мкг/г) [16]. Также необходимо отметить, что, несмотря на общие низкие значения, в первой группе детей были выявлены случаи относительно высокого содержания этого элемента в волосах, достигающего 0,805 мкг/г (см. рис. 1, d).

Содержание хрома в волосах детей, как и в случае содержания кобальта, было ниже УБДУ (0,50–1,50 мкг/г). В качестве нормального уровня содержания хрома в волосах детей принята величина 0,2 мкг/г. В первой и второй группах медиана содержания этого элемента составила 0,17 мкг/г, в третьей группе – 0,08 мкг/г. Следовательно, детское население изученной территории испытывает выраженный дефицит хрома. В то же время в первой группе детей отмечены случаи содержания данного элемента, достигающие 1,51 мкг/г (см. рис. 1, e).

Средний уровень условно эссенциального химического элемента никеля в волосах детей не превышал УБДУ (0,10–1,0 мкг/г) и БДУ, равный 0,75 мкг/г [16]. Содержания никеля в волосах детей третьей группы было выше по сравнению с другими группами. В то же время максимальные значения этого элемента, достигающие 8,88 мкг/г, зарегистрированы у детей второй группы (см. рис. 1, ж).

Результаты исследования, свидетельствующие о нагрузке изученной территории токсичными и потенциально токсичными химическими элементами, приведены на рис. 2.

Среднее содержание свинца в волосах детей всех групп было ниже референтных значений (0,60–3,0 мкг/г). Медиана содержания этого химического элемента была наибольшей у детей Бурзянского района (1,78 мкг/г) при биологически допустимом уровне, равном 5 мкг/г [16]. У некоторых детей содержание свинца достигало 7,78 мкг/г в третьей группе и 11,41 мкг/г во второй группе.

Уровень кадмия у обследуемых детей не превышал референтных значений (0,05–0,30 мкг/г) и БДУ (0,15 мкг/г) и был равен 0,03 мкг/г в первой группе, 0,04 мкг/г – во второй группе и 0,10 мкг/г – в третьей группе. Максимальное значение содержания кадмия (1,48 мкг/г) было отмечено в волосах детей первой группы.

Учитывая, что район, на территории которого проживает вторая группа детей, является районом золотодобычи, обуславливающей в прошлом веке, можно было бы предположить наличие повышенного уровня ртути в объектах окружающей среды. Тем не менее, уровень содержания этого химического элемента в волосах детей второй группы не превышал средние значения для остальных групп. Наибольшее содержание ртути, равное 0,28 мкг/г, выявлено в третьей группе. Также встречались дети с повышенным уровнем ртути в волосах, достигающим 1,01 мкг/г, в первой группе и 0,42 мкг/г – в третьей группе. Для сравнения приведём следующие данные: содержание ртути в волосах детей 7–14 лет в г. Санкт-Петербурге составило 0,206 мкг/г, в Нижнем Новгороде – 0,133 мкг/г, в г. Туле – 0,154 мкг/г, в г. Новосибирске – 0,121 мкг/г, в г. Иркутске – 0,102 мкг/г, в г. Магадане – 0,305 мкг/г [16].

Среднее содержание алюминия в волосах детей не превышало референтные значения (15–30 мкг/г). Для первой группы этот показатель был равен 10,0 мкг/г, для второй группы – 19,6 мкг/г, для третьей группы – 9,0 мкг/г. Максимальное значение содержания этого элемента, равное 130,2 мкг/г, было выявлено в волосах детей первой группы.

При частотном анализе было обнаружено, что для детей первой группы характерен дефицит в волосах следующих эссенциальных элементов из группы тяжёлых металлов: кобальт (89,6% от числа обследуемых), хром (83,3%), марганец (18,8%). В то же время для этой группы был характерен избыток цинка (81,3%), марганца (37,5%), железа (33,3%), меди (14,5%). Во второй группе детей был выявлен дефицит хрома (100,0%), кобальта (90,9%), меди (27,2%) и избыток железа (33,3%), марганца (72,7%), цинка (59,1%), никеля (13,6%). Для волос детей третьей группы был характерен дефицит хрома (100,0%), кобальта (100,0%), меди (71,4%), железа (42,9%), и избыток марганца (100%) и цинка (57,1%). Что касается токсичных

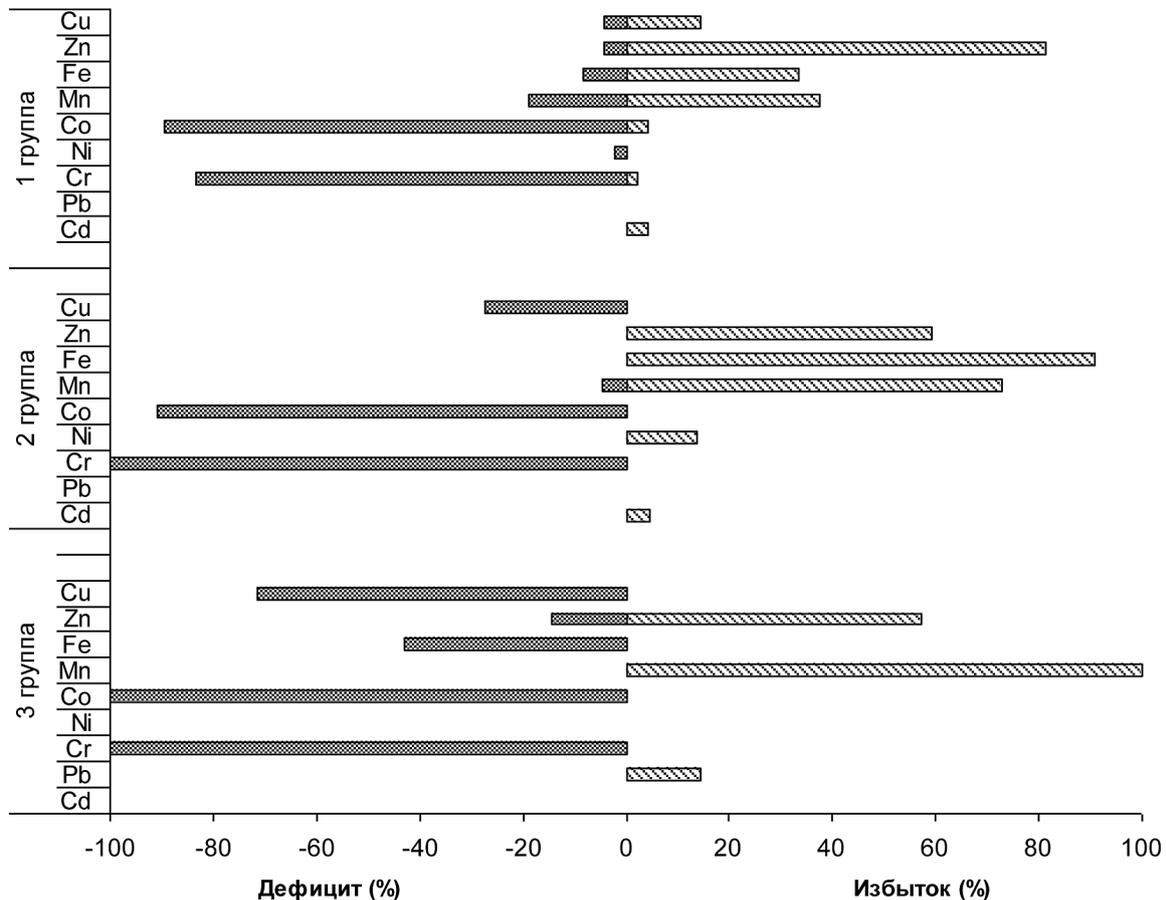


Рис. 3. Дисбаланс микроэлементов в волосах детей Башкирского Зауралья.

химических элементов, то избыток свинца выявлен в третьей (14,3%) и во второй группах (9,0%), избыток кадмия – в первой и второй группах (4,2 и 4,5%) (рис. 3).

В общем виде элементный портрет детей можно представить в виде формул элементного дисбаланса (в числителе – избыток, в знаменателе – дефицит микроэлементов):

$$\text{элементный профиль детей 1-й группы} = \frac{\text{Zn, Mn, Fe, Cu}}{\text{Co, Cr, Mn}}$$

$$\text{элементный профиль детей 2-й группы} = \frac{\text{Zn, Mn, Fe}}{\text{Co, Cr, Cu}}$$

$$\text{элементный профиль детей 3-й группы} = \frac{\text{Mn, Zn}}{\text{Co, Cr, Cu, Fe}}$$

Таким образом, общим для детей всех исследуемых групп является дефицит в волосах кобальта и хрома, избыток цинка и марганца. Избыток микроэлементов в большей степени характерен для первой группы (4 элемента), в меньшей – для третьей группы (2 элемента). В то же время в волосах детей третьей группы выявлен дефицит четырёх элементов, что выше по сравнению с другими группами (3 элемента). Возможной причиной этого является различный уровень содержания исследуемых химических элементов в объектах окружающей среды. Кроме того, отчасти это может быть связано с особенностями питания населения. В населённых пунктах, в которых находятся крупные горнорудные комбинаты (первая группа) значительную долю рациона составляют привозные продукты питания, тогда как в сельских районах (вторая

и третья группы) в связи с недостаточным доходом и сложившейся культурой питания чаще используются местные продукты.

Заключение

Элементный статус детей Зауральской зоны Республики Башкортостан, проживающих в различных экологических условиях, отличается как по уровню содержания эссенциальных микроэлементов, так и по накоплению токсичных тяжёлых металлов. Общим для всех исследуемых групп детей является дефицит таких эссенциальных микроэлементов, как кобальт и хром, и избыток цинка и марганца. При среднем содержании, не превышающем УБДУ, среди детей техногенной зоны чаще встречаются отдельные высокие значения концентраций токсичных элементов кадмия, ртути, алюминия и некоторых эссенциальных микроэлементов. Дети, проживающие в сельской местности без техногенного загрязнения, чаще подвержены дефициту меди и железа.

Финансирование. Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта № 15-16-02003.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. *Микроэлементозы человека: Этиология, классификация, органопатология*. М.: Медицина; 1991.
2. Киреева Г.Н., Билялутдинова Д.И. Исследования содержания микроэлементов в биологических субстратах у детей и подростков (Обзор литературы). *Педиатрический вестник Южного Урала*. 2015; (2): 58-62.

3. Методические указания МУ 2.1.10.2809–10. Использование биологических маркеров для оценки загрязнения среды обитания металлами в системе социально-гигиенического мониторинга. М.; 2011.
4. Скальный А.В., Березкина Е.С., Демидов В.А., Грабеклис А.Р., Скальная М.Г. Эколого-физиологическая оценка элементного статуса взрослого населения Республики Башкортостан. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(6): 533-8.
5. Абдрахманова Е.Р., Рахимкулова А.С., Борисова Н.А. Биосреды человека и болезни в условиях антропогенеза в Южном Зауралье. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2011; (15): 6-9.
6. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С. Изучение содержания тяжелых металлов в волосах работников горно-обогатительного комбината г. Сибай. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2009; (6): 506-8.
7. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С. Показатели здоровья детей, проживающих в зоне воздействия горнорудных предприятий. *Современные наукоемкие технологии*. 2010; (9): 113-4.
8. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Дровосекова И.В., Муллагулова Э.Р. Элементный статус населения горнорудного региона (на примере Зауральской зоны Республики Башкортостан). *Микроэлементы в медицине*. 2015; 16(2): 47-51.
9. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Ильбулова Г.Р. Воздействие предприятий горнорудного комплекса Башкирского Зауралья на состояние природной среды и здоровье населения прилегающих территорий. *Фундаментальные исследования*. 2011; (1): 29-34.
10. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС (АНО Центр биотической медицины). *Микроэлементы в медицине*. 2003; 4(1): 7-11.
11. Скальный А.В. Установление границ допустимого содержания химических элементов в волосах детей с применением центильных шкал. *Вестник Санкт-Петербургской медицинской академии имени И.И. Мечникова*. 2002; (1-2): 62-5.
12. Абакумов Е.В., Суяндукоев Я.Т., Пигарева Т.А., Семенова И.Н., Хасанова Р.Ф., Биктимерова Г.Я. и др. Биологическая и санитарная оценка отвалов Сибайского карьера Республики Башкортостан. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(10): 929-34.
13. Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Биктимерова Г.Я. Содержание тяжелых металлов в питьевой воде юго-восточных районов Республики Башкортостан. *Естественные и технические науки*. 2016; 91(1): 20-3.
14. Семенова И.Н., Рафикова Ю.С., Суяндукоев Я.Т. Содержание токсичных металлов в почве и биосубстратах человека на территории некоторых административных районов Башкортостана. В кн.: *Международная научная конференция «Роль почв в биосфере и жизни человека»: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв*. М.: МАКС Пресс; 2015: 110-2.
15. Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Suyundukov Ya.T., Biktimerova G.Ya. *Regional Peculiarities of Microelement Accumulation in Objects in the Transural Region of the Republic of Bashkortostan*. Cham, Switzerland: Springer; 2016: 179-87.
16. Гресь Н.А., Скальный А.В., ред. *Биоэлементный статус населения Беларуси: экологические, физиологические и патологические аспекты*. Минск: Харвест; 2011.
2. Kireeva G.N., Bilyalutdinova D.I. Studies of trace elements in biological substrates in children and adolescents (Review of the Literature). *Pediatric vestnik Yuzhnogo Urala*. 2015; (2): 58-62. (in Russian)
3. Guidelines MU 2.1.10.2809-10. The use of biological markers to assess the contamination of metals in the environment of social and hygienic monitoring system. Moscow; 2011. (in Russian)
4. Skal'nyy A.V., Berzskina E.S., Demidov V.A., Grabeklis A.R., Skal'naya M.G. Ecological and physiological assessment of the elemental status in the adult population of the Republic of Bashkortostan. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(6): 533-8. (in Russian)
5. Abdrakhmanova E.R., Rakhimkulova A.S., Borisova N.A. Biological media and human disease conditions anthropogenesis in the Southern Trans-Urals. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011; (15): 6-9. (in Russian)
6. Semenova I.N., Rafikova Yu.S. The study of heavy metals in hair of workers of mining and processing plant Sibay. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2009; (6): 506-8. (in Russian)
7. Semenova I.N., Rafikova Yu.S. Indicators of health of children living in the zone of influence of mining enterprises. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2010; (9): 113-4. (in Russian)
8. Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Drovosekova I.V., Mullagulova E.R. Elemental status of the mining population of the region (on the example Trans-Ural of the Republic of Bashkortostan). *Mikroelementy v meditsine*. 2015; 16(2): 47-51. (in Russian)
9. Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Il'bulova G.R. The impact of mining complex enterprises of the Bashkir Trans-Urals on the state of the environment and the health of the population of the surrounding areas. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2011; (1): 29-34. (in Russian)
10. Skal'nyy A.V. The reference values of the concentration of chemical elements in the hair, obtained by ICP-AES (ANO Center for Biotic Medicine). *Mikroelementy v meditsine*. 2003; 4(1): 7-11. (in Russian)
11. Skal'nyy A.V. Demarcation of the permissible content of chemical elements in the hair of children with the use of centile scale. *Vestnik Sankt-Peterburgskoy meditsinskoy akademii imeni I.I. Mechnikova*. 2002; (1-2): 62-5. (in Russian)
12. Abakumov E.V., Suyundukov Ya.T., Pigareva T.A., Semenova I.N., Khasanova R.F., Biktimerova G.Ya., et al. Biological and sanitary assessment Sibay quarry dumps the Republic of Bashkortostan. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(10): 929-34. (in Russian)
13. Rafikova Yu.S., Semenova I.N., Biktimerova G.Ya. The content of heavy metals in drinking water south-eastern regions of the Republic of Bashkortostan. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2016; 91(1): 20-3. (in Russian)
14. Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Suyundukov Ya.T. The content of toxic metals in soil and human biosubstrates on the territory of several administrative districts of Bashkortostan. In: *International Scientific Conference «The Role of Soils in the Biosphere and Human Life»: On the 100th Anniversary of the Birth of Academician G.V. Dobrovolsky, to the International Year of the Soil [Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya «Rol' pochv v biosfere i zhizni cheloveka»: K 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika G.V. Dobrovolskogo, k Mezhdunarodnomu godu pochv]*. Moscow: MAKS Press; 2015; 110-2. (in Russian)
15. Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Suyundukov Ya.T., Biktimerova G.Ya. *Regional Peculiarities of Microelement Accumulation in Objects in the Transural Region of the Republic of Bashkortostan*. Cham, Switzerland: Springer; 2016: 179-87.
16. Gres' N.A., Skal'nyy A.V., eds. *Bioelementny Status of the Population of Belarus: Environmental, Physiological and Pathological Aspects [Bioelementnyy status naseleniya Belarusi: ekologicheskie, fiziologicheskie i patologicheskie aspekty]*. Minsk: Kharvest; 2011. (in Russian)

References

1. Avtsyn A.P., Zhavoronkov A.A., Rish M.A., Strochkova L.S. *Man's Microelementosis: Etiology, Classification, Organopathology [Mikroelementozu cheloveka: Etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya]*. Moscow: Meditsina; 1991. (in Russian)

Поступила 10.02.17
Принята к печати 05.07.17