

УДК [612.799.1:546.3]-053.2(571.121)

БИОМОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОЛОСАХ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

© 2018 г. **О. М. Журба, Н. В. Ефимова, А. В. Меринов, А. Н. Алексеенко**

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», г. Ангарск

Цель исследования – изучить содержание тяжелых металлов: цинка, железа, меди, свинца, мышьяка, марганца, хрома, кадмия и ртути в пробах волос детей, постоянно проживающих на территории арктической зоны России. *Методы.* Применялись метод атомно-абсорбционной спектрометрии с пламенной и электротермической атомизациями, метод холодного пара. В поперечном исследовании участвовали 48 детей в возрасте от 7 до 17 лет. Волосы представляют идеальный объект исследования и являются одной из информативных тканевых структур человека. Отбор проб волос производился с затылочной части головы. Полученные результаты сравнивали с референтными значениями, установленными для жителей Приволжского и Уральского федеральных округов Российской Федерации. *Результаты.* Выявлены превышения рекомендуемых значений по меди, железу, марганцу и цинку в 100,0, 66,7, 25,0 и 22,2 % проб соответственно у детей г. Салехарда в возрасте 7–11 лет и по железу, меди, хрому, цинку и марганцу в 70,0, 50,0, 44,4, 40,0 и 20,0 % проб соответственно у детей Салехарда 13–16 лет. У детей обеих возрастных групп пос. Яр-Сале установлены превышения рекомендуемых уровней по железу, хрому, меди и цинку, доля таких проб у детей 7–11 лет составила 100,0, 85,7, 57,1 и 7,1 % соответственно, а у детей 13–17 лет – 100,0, 86,7, 13,3 и 13,3 %. *Вывод.* Проведенные исследования по изучению содержания тяжелых металлов в волосах обеих возрастных групп детей пос. Яр-Сале и г. Салехарда выявили превышения рекомендуемых значений по цинку, меди, железу, хрому (кроме возрастной группы детей 7–11 лет Салехарда). У обследованных детей, проживающих в Салехарде, отмечались превышения по марганцу.

Ключевые слова: арктическая зона, тяжелые металлы, дети, волосы, атомно-абсорбционная спектрометрия

BIOLOGICAL MONITORING OF CONTENT OF HEAVY METALS IN HAIR OF CHILDREN IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

O. M. Zhurba, N. V. Efimova, A. V. Merinov, A. N. Alekseyenko

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, Russia

Aim of investigation. To study the content of heavy metals: zinc, iron, copper, lead, arsenic, manganese, chromium, cadmium and mercury in hair samples of children permanently residing on the territory of the Arctic zone of Russia. *Methods.* In the process of research, a method of atomic absorption spectrometry with flame and electrothermal atomization, the cold vapor method was used. In the transverse study, 48 children aged 7 to 17 years were involved. Hair sampling was performed from the occipital part of the head. Hair represents an ideal object of research and is one of the informative tissue structures of a person. The obtained results were compared with the reference values established for residents of the Volga and Ural federal districts of the Russian Federation. *Results.* Exceedances of the recommended values for copper, iron, manganese and zinc in 100.0 %, 66.7 %, 25.0 % and 22.2 % samples respectively in the children of Salekhard at the age of 7-11; and iron, copper, chromium, zinc and manganese in 70.0 %, 50.0 %, 44.4 %, 40.0 % and 20.0 % of samples respectively for the children of Salekhard at the age of 13-16 years. The children of the village of Yar-Sale, two age groups have exceeded the recommended levels for iron, chromium, copper and zinc, the percentage of such samples for children aged 7 to 11 years was 100.0 %, 85.7 %, 57.1 % and 7.1 % respectively, and for children from 13 to 17 years- 100.0 %, 86.7 %, 13.3 % and 13.3 % respectively. *Conclusion.* The conducted studies on the study of heavy metals in hair of both age groups of children in in settlement Yar-Sale and city Salekhard found exceedances of recommended values for zinc, copper, iron, chromium (except for the age group of children of 7-11 years of Salekhard) and manganese (for children living in Salekhard).

Key words: arctic zone, heavy metals, children, hair, atomic absorption spectrometry

Библиографическая ссылка:

Журба О. М., Ефимова Н. В., Меринов А. В., Алексеенко А. Н. Биомониторинг содержания тяжелых металлов в волосах детского населения на территории Арктической зоны России // Экология человека. 2018. № 5. С. 16–21.

Zhurba O. M., Efimova N. V., Merinov A. V., Alekseyenko A. N. Biological Monitoring of Content of Heavy Metals in Hair of Children in the Arctic Zone of Russia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2018, 5, pp. 16-21.

Человек как часть живой природы органически связан с окружающей его средой. Организм детей и подростков наиболее чувствителен к неблагоприятным воздействиям окружающей среды [3, 10]. На севере дети и подростки сталкиваются с экстремальными для выживания условиями: низкими температурами, колебаниями атмосферного воздействия, факторами электромагнитной природы, низкой минерализованностью талых вод, широко

используемых в питьевых целях; загрязнением почвы солями тяжелых металлов, используемых в нефтедобыче; недостатком микроэлементов, поступление которых в организм в основном связано с употреблением в пищу свежих фруктов и овощей, и целым рядом других факторов [5, 6].

В условиях антропоэкосистемы значительное воздействие на организм человека оказывает загрязнение тяжелыми металлами. Содержание металлов в воло-

сах и других биологических средах в первую очередь зависит от фактического содержания их в рационах питания, однако накопление металлов в организме детей может быть обусловлено поступлением их ингаляционным путем, а также химическими свойствами воды водозаборов территорий проживания. Процессы выветривания почвы также приводят к накоплению тяжелых металлов в волосах [9, 12, 21]. В свою очередь, эти изменения могут быть одним из факторов повышения дезадаптации и заболеваемости (неврологическая, гематологическая, иммунологическая патология) [4].

Показано, что уровень определенных микроэлементов в организме человека и состояние минерального обмена определяются биогеохимической средой, т. е. отражают интегральное воздействие природно-экологических факторов. В то же время особенности минерального обмена (усвоение химических элементов и их включение в биохимические реакции) могут быть генетически детерминированы. В этой связи представляет интерес изучение микроэлементного статуса у детского населения Севера [1, 6, 12]. Волосы представляют идеальный объект исследования и являются одной из информативных тканевых структур человека. Человеческий волос является примером ткани, которую легко отбирать, легко хранить и готовить для анализа. Питательным источником растущих волос является кровь, которая содержит следы всего, что попадает в организм человека. Любой ксенобиотик и его метаболиты могут быть включены в матрицу растущих волос, образуя временный профиль [17]. Вещества, единожды включившись в обменный процесс, не вступают в обратную связь с организмом, откладываются в них, оставляя «архив» для ретроспективного анализа жизнедеятельности организма в интересующий исследователя промежуток времени [11]. Именно поэтому химический анализ волос в последние годы получил широкое распространение [6, 18–20, 22].

Отмечено, что в отличие от внутренних (жидких) биосред организма концентрация элементов в волосах менее подвержена жёсткому гомеостатическому контролю, что предопределяет преимущества использования элементного анализа волос в гигиенической диагностике и раннем выявлении патологических изменений в организме и латентных процессов [6].

Целью настоящего исследования явилось изучение содержания цинка (Zn), железа (Fe), меди (Cu), свинца (Pb), мышьяка (As), марганца (Mn), хрома (Cr), кадмия (Cd) и ртути (Hg) в образцах проб волос детей проживающих на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО).

Методы

Проведено собственное исследование методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) за период 2014–2016 годов. В поперечном исследовании участвовали 48 детей в возрасте от 7 до 17 лет, постоянно проживающих на территории Ямалского

района г. Салехарда и в пос. Яр-Сале, географически удаленном от мест добычи и транспортировки нефти и газа. Пробы волос отбирались в ходе экспедиционных исследований с информированного согласия родителей, с соблюдением этических стандартов в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека».

Отбор проб волос производился с затылочной части головы. Образцы волос помещали в отдельные конверты с соответствующей маркировкой. Полученные результаты сравнивали с референтными значениями, установленными для жителей Приволжского и Уральского федеральных округов Российской Федерации [15].

В работе использовали двойную атомно-абсорбционную систему с пламенной и электротермической атомизациями Agilent AA DUO 240FS/240Z/UltrAA и анализатор ртути «Юлия-5К». В процессе исследований содержание железа, меди и цинка определяли методом ААС с пламенной атомизацией, свинца, марганца, хрома и кадмия – методом ААС с электротермическим способом атомизации с зеемановской коррекцией фона, мышьяка – пламенной ААС с предварительной генерацией гидридов. Содержание ртути определяли методом холодного пара на анализаторе ртути «Юлия-5К».

Пробы волос были очищены и обезжирены ацетоном и оставлены до высыхания. Перед измерением выполняли предварительную автоклавную минерализацию проб смесью концентрированной азотной кислоты с пероксидом водорода. Количественное определение проводили методом абсолютной градуировки по стандартным смесям ионов металлов в 1 М азотной кислоте, приготовленных из Государственных стандартных образцов ионов металлов.

Полученные данные подвергали статистическому анализу. Обработку проводили с помощью программы Statistica 10.0 в среде Windows с использованием критерия Манна – Уитни и непарного t-критерия Стьюдента. Проверку нормальности распределения количественных показателей выполняли с использованием критерия Шапиро–Уилка. Различия между сравниваемыми показателями считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты

Проведен сравнительный анализ содержания концентраций металлов в волосах детей Салехарда и Яр-Сале в зависимости от возраста обследуемых (таблица). Результаты исследований представлены в виде среднего и ошибки среднего значений ($M \pm m$), минимального и максимального значений (min – max).

Сравнительная оценка содержания тяжелых металлов в возрастной группе 7–11 лет по меди и цинку позволила выявить, что средние уровни содержания тяжелых металлов у детей Салехарда

Содержание тяжелых металлов в волосах детей, проживающих в Ямало-Ненецком автономном округе, в зависимости от возраста

Элемент	Число наблюдений		Концентрация металлов в волосах $M \pm m$ (min-max), мкг/г		Рекомендуемые уровни, мкг/г [15]	P
	Салехард	Яр-Сале	Салехард	Яр-Сале		
7–11 лет						
Cu	9	14	25,5 ± 2,5 (15,9–37,3)	18,1 ± 2,4 (9,70–43,90)	10–15	0,012
Pb	9	14	0,13 ± 0,06 (0,03–0,52)	0,87 ± 0,23 (0,10–3,22)	<5	0,001
Zn	9	14	426,8 ± 245,5 (66,8–2341,1)	121,3 ± 21,5 (76,1–386,4)	140–200	0,038
Mn	8	14	0,68 ± 0,45 (0,003–3,170)	0,26 ± 0,03 (0,10–0,47)	0,25–1,0	0,056
Fe	9	14	40,4 ± 8,2 (16,5–81,1)	112,5 ± 17,7 (33,9–241,2)	10–25	0,002
Hg	9	14	0,15 ± 0,03 (0,03–0,33)	0,29 ± 0,09 (0,00–1,15)	<2,0	0,612
Cd	9	14	0,30 ± 0,06 (0,08–0,71)	0,24 ± 0,03 (0,10–0,46)	<0,5	0,414
Cr	9	14	0,11 ± 0,04 (0,01–0,28)	1,47 ± 0,21 (0,2–2,4)	0,25–0,5	<0,001
As	4	11	0,034 ± 0,016 (0,013–0,082)	0,023 ± 0,004 (0,012–0,046)	<1,0	0,743
13–17 лет						
Cu	10	15	23,1 ± 2,7 (15,7–41,4)	15,7 ± 1,1 (9,20–22,20)	10–20	0,008
Pb	10	15	0,15 ± 0,06 (0,03–0,61)	0,53 ± 0,09 (0,05–1,16)	<5	0,002
Zn	10	15	481,6 ± 198,7 (76,0–1903,6)	168,6 ± 18,9 (72,1–307,9)	180–230	0,657
Mn	10	15	0,77 ± 0,48 (0,003–4,470)	0,28 ± 0,03 (0,10–0,47)	0,25–1,0	0,096
Fe	10	15	41,7 ± 14,7 (16,3–170,9)	75,5 ± 9,7 (30,4–168,8)	10–20	0,002
Hg	9	15	0,08 ± 0,03 (0–0,24)	0,24 ± 0,06 (0–0,59)	<2,0	0,168
Cd	10	15	0,07 ± 0,04 (0,001–0,35)	0,21 ± 0,03 (0,08–0,42)	<0,5	0,004
Cr	9	15	0,52 ± 0,2 (0,01–1,65)	1,43 ± 0,19 (0,2–2,4)	0,25–0,6	0,005
As	5	11	0,028 ± 0,009 (0,007–0,063)	0,036 ± 0,016 (0,011–0,190)	<1,0	0,609

были статистически значимо выше, чем у детей, проживающих в пос. Яр-Сале. Средние уровни содержания свинца, железа и хрома в волосах детей Яр-Сале были значимо выше, чем у детей Салехарда. По ртути наблюдалась небольшая тенденция к

большому среднему содержанию у детей Яр-Сале по сравнению с детьми Салехарда.

В возрастной группе 13–17 лет у детей Салехарда отмечались статистически значимо более высокие средние значения по меди, а у детей Яр-Сале – по свинцу, железу, кадмию и хрому. По концентрации цинка в волосах наблюдалась тенденция к большему содержанию у детей Салехарда по сравнению с детьми из Яр-Сале, а по ртути отмечалась обратная тенденция.

У детей Салехарда в возрасте 7–11 лет отмечены превышения рекомендуемых уровней содержания металлов в волосах по меди, железу, марганцу и цинку. Доля таких проб составила 100,0, 66,7, 25,0 и 22,2 % для меди, железа, марганца и цинка соответственно (рис. 1А). А у детей от 13 до 16 лет были установлены превышения рекомендуемых значений содержания тяжелых металлов в волосах по железу, меди, хрому, цинку и марганцу. Доля превышающих проб составила 70,0, 50,0, 44,4, 40,0 и 20,0 % для железа, меди, хрома, цинка и марганца соответственно (рис. 2А).

У детей обеих возрастных групп, живущих в Яр-Сале, выявлены превышения рекомендуемых уровней содержания металлов в волосах по железу, хрому, меди и цинку. При этом доля таких проб составила у детей в возрасте от 7 до 11 лет 100,0, 85,7, 57,1 и 7,1 % для железа, хрома, меди и цинка соответственно (рис. 1Б), а у детей от 13 до 17 лет – 100,0, 86,7, 13,3 и 13,3 % для железа, хрома, меди и цинка соответственно (рис. 2Б).

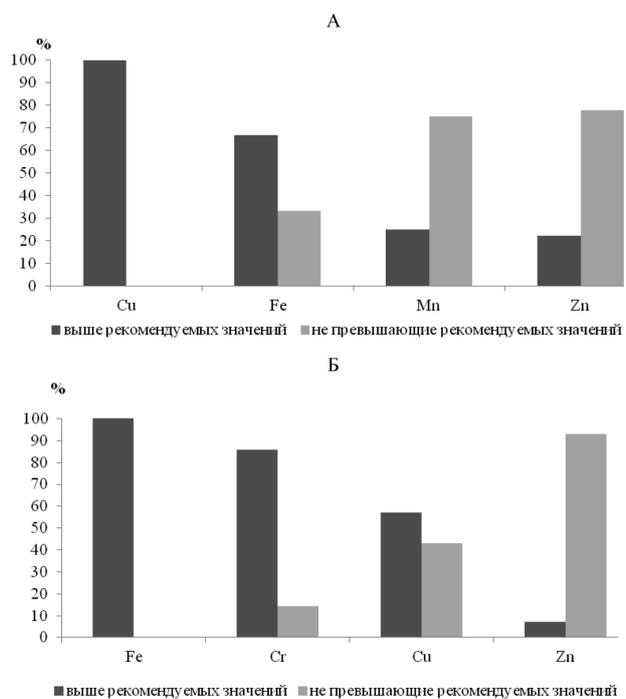


Рис. 1. Доля детей в возрасте 7–11 лет, в волосах которых содержание металлов выше и не превышает допустимого уровня (А – Салехард; Б – Яр-Сале)

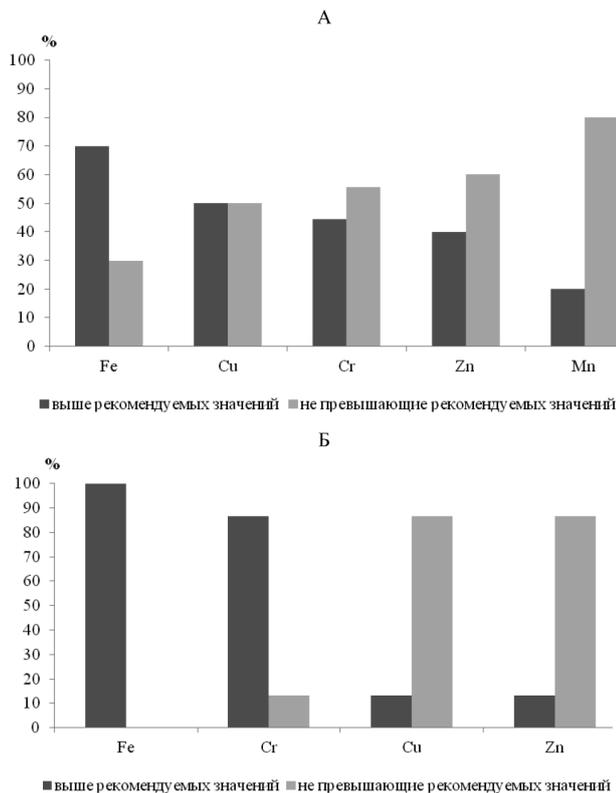


Рис. 2. Доля детей в возрасте 13–17 лет, в волосах которых содержание металлов выше и не превышает допустимого уровня (А – Салехард; Б – Яр-Сале)

Обсуждение результатов

Железо относится к группе жизненно необходимых элементов, участвует в переносе кислорода, а также играет важную роль в процессах выделения энергии, в ферментативных реакциях, в обеспечении иммунных функций, в метаболизме холестерина [14]. Как дефицит, так и избыток железа отрицательно влияет на состояние здоровья человека. Среди основных проявлений негативного влияния на организм человека отмечается: снижение уровня сывороточного железа (в 1,5–3 раза), повышение риска развития атеросклероза, болезней печени и сердца, артритов, диабета и т. д. [13].

Марганец относится к важнейшим биоэлементам (микроэлементам), является компонентом множества ферментов и выполняет в организме многочисленные функции, например препятствует свободно-радикальному окислению, обеспечивает стабильность структуры клеточных мембран, обеспечивает нормальное функционирование мышечной ткани, обеспечивает развитие соединительной ткани, хрящей и костей [14]. Проявлениями избытка марганца являются вялость, утомляемость и нарушения мышечного тонуса [5].

В данном исследовании показано высокое содержание железа (у детей обоих населенных объектов) и марганца (у детей, проживающих в Салехарде) в волосах обследуемых детей, что обусловлено эколого-геохимическими особенностями, в частности качеством употребляемой воды, для которой характерны низкая минерализация и высокое содержание

железа. Так, по результатам исследований проб воды в водосточниках и разводящих сетях на территории ЯНАО отмечались высокие содержания железа и марганца [2, 5].

По результатам лабораторных исследований проб воды в разводящей сети зарегистрировано максимальное превышение по железу до 10 ПДК, марганца до 6 ПДК. Неудовлетворительное качество водопроводной питьевой воды по санитарно-химическим показателям обусловлено низкой эффективностью работы систем очистки исходной воды из подземных источников от железа и марганца [2].

Хром, как и железо, относится к группе жизненно необходимых элементов, биомолекулы содержащие хром, участвуют в регуляции синтеза жиров и обмене углеводов, вместе с инсулином действуют как регулятор уровня сахара в крови, обеспечивают нормальную активность инсулина и т. д. [14]. Избыточное содержание хрома в организме может вызывать, например, астматический бронхит, бронхиальную астму, повышать риск онкологических заболеваний [13].

Считается, что повышенное содержание хрома в пробах волос помимо использования воды, богатой хромом, может быть связано с употреблением пищи местного производства, например рыбы, одного из главных продуктов питания коренного населения Севера. Результаты исследований показали, что одним из основных источников поступления хрома в организм человека являются продукты питания (овощи, рыба) и вода [14]. Так, например, А. Н. Мартинчиком с соавт. [8] в образцах рыбы, выловленной вблизи пос. Харп, а также в ряде пищевых источников были обнаружены высокие концентрации содержания хрома.

Медь – жизненно важный элемент, который входит в состав витаминов, гормонов, ферментов, дыхательных пигментов, участвует в процессах обмена веществ, в тканевом дыхании и т. д. Она повышает невосприимчивость организма к некоторым инфекциям, связывает микробные токсины и усиливает действие антибиотиков, способствует усвоению железа.

Цинк является важнейшим эссенциальным микроэлементом, принимающим участие во всех видах обмена. Ему принадлежит важная роль в синтезе белка и нуклеиновых кислот, процессе роста и деления клеток, он нужен для формирования костей. Дефицит цинка у ребенка проявляется снижением кратковременной памяти, пространственного мышления, ослаблением способности к обучению и усвоению социальных навыков. Очень важно его участие в процессах регенерации кожи, роста волос и ногтей, секреции сальных желез. Цинк также способствует поддержанию иммунной защиты организма, обладает детоксицирующим действием – способствует удалению из организма двуокси углерода [14, 16].

Так, представлены данные о том, что в зонах интенсивного промышленного освоения, несмотря на достаточно высокое содержание цинка в объектах природной среды, отмечена большая частота цинк-дефицитных состояний, особенно в условиях ком-

плексного воздействия химических факторов и образа жизни, что может быть связано с особенностями не только поступления, но и всасывания цинка в организме детей [7]. Одним из основных источников поступления меди и цинка в организм человека являются продукты питания. Цинк присутствует в основном в мясе, рыбе и морепродуктах, яйцах, сырах, орехах, бобовых, злаковых [14]. Проявлениями избытка меди являются функциональное расстройство центральной нервной системы, нарушение функций печени и почек и аллергодерматозы, а цинка — нарушение иммунной системы, нарушение состояния кожи, волос, ногтей, ослабление функций предстательной и поджелудочной желез и печени [13].

Таким образом, проведенные исследования по изучению содержания тяжелых металлов в волосах обеих возрастных групп детей пос. Яр-Сале и г. Салехарда выявили превышения рекомендуемых значений по цинку, меди, хрому (кроме возрастной группы детей 7–11 лет Салехарда) и железу. У обследованных детей, проживающих в Салехарде, отмечались превышения по марганцу.

Результаты исследования содержания металлов в волосах детей являются достаточно информативными как дополнительный метод оценки сложившейся экологической ситуации.

Работа выполнена в рамках фундаментальных научных исследований Президиума РАН АЗ РФ-44П «Оценка, моделирование и прогноз состояния здоровья и связанного с ним качества жизни населения Азиатского Севера на территориях освоения углеводородного сырья».

Список литературы

1. Горбачев А. Л. Биоэлементный статус аборигенных жителей северных регионов России // Северо-Восточный научный журнал. 2012. № 3. С. 37–45.
2. Государственный доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Ямало-Ненецком автономном округе за период 2007–2011 гг. Салехард, 2012. 340 с.
3. Ефимова Н. В., Мильникова И. А. Оценка кардиогеодинамических показателей у детей Крайнего Севера и Сибири // Экология человека. 2017. № 2. С. 10–16.
4. Истомин А. А., Жаворонков А. А., Скальный А. В., Алексеев В. П. Особенности химического состава волос якутов в эндемическом очаге вилюйского энцефаломиелита // Микроэлементы в медицине. 2002. № 3. С. 33–34.
5. Кирилюк Л. И. Гигиеническая значимость тяжелых металлов в оценке состояния здоровья населения Крайнего Севера: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Надым, 2006. 46 с.
6. Корчина Т. Я. Содержание тяжелых металлов в волосах детей севера Тюменской области // Гигиена и санитария. 2007. № 4. С. 27–29.
7. Лисецкая Л. Г., Ефимова Н. В. Результаты биомониторинга цинка у детей Иркутской области // Гигиена и санитария. 2014. № 1. С. 87–89.
8. Мартинчик А. Н., Шеповальников В. Н., Пескова Е. В., Оношко В. А., Домаенко А. В., Лисенкова Е. Н., Асауленко В. И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и плазме крови населения Приуральяского района // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. № 1. С. 146–152.
9. Никанов А. Н., Кривошеев Ю. К., Гудков А. Б.

Влияние морской капусты и напитка «Альгапект» на минеральный состав крови у детей — жителей г. Мончегорска // Экология человека. 2004. № 2. С. 30–32.

10. Нифонтова О. Л., Литовченко О. Л., Гудков А. Б. Показатели центральной и периферической гемодинамики детей коренной народности Севера // Экология человека. 2010. № 1. С. 28–32.

11. Павлова А. З., Богомолов Д. В., Ларев З. В., Аманмурадов А. Х. Волосы как объект исследования при отравлениях солями тяжелых металлов // Судебно-медицинская экспертиза. 2012. № 6. С. 25–29.

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

13. Токсикологическая химия. Метаболизм и анализ токсикантов / под ред. Калетиной Н. И. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 1016 с.

14. Элементный статус населения России. Ч. 1. Общие вопросы и современные методические подходы к оценке элементного статуса индивидуума и популяции / под ред. Скального А. В., Киселева М. Ф. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2010. 414 с.

15. Элементный статус населения России. Ч. 4. Элементный статус населения Приволжского и Уральского федеральных округов / под ред. Скального А. В., Киселева М. Ф. СПб.: Медкнига «ЭЛБИ-СПб», 2013. 576 с.

16. Фролова О. А., Тафеева Е. А., Бочаров Е. П. Региональные особенности содержания цинка в почве, продуктах растительного и животного происхождения // Гигиена и санитария. 2017. № 3. С. 226–229.

17. Bencko V. Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings // Toxicology. 1995. Vol. 101. P. 29–39.

18. Chojnacka K., Michalak I., Zielinska A. et al. Interrelationship between elements in human hair: the effect of gender // Ecotoxicol. Environ Saf. 2010. Vol. 73 (8). P. 2022–2028.

19. Klevay L. M., Christopherson D. M., Shuler T. R. Hair as a biopsy material: trace element data on one man over two decades // Europ J Clin Nutr. 2004. Vol. 58. P. 1359–1364.

20. Seidel S., Kreutzer R., Smith D., McNeel S., Gilliss D. Assessment of commercial laboratories performing hair mineral analysis // JAMA. 2001. Vol. 285 (1). P. 67–72.

21. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry // Epidemiologia and prevenzione. 2010. Vol. 34, iss. 5–6. P. 138.

22. Wang Ch.-T., Liu P.-A., Liu L.-Y., Chang W.-T. Concentrations of calcium, copper, iron, magnesium and zinc in young female hair with difference body mass index // Journal of Trace Elements in Experimental Medicine. 2004. Vol. 18. P. 210–211.

References

1. Gorbachov A. L. Bioelement status of the aborigine residents of the northern regions of Russia. *Severo-Vostochnyi nauchnyi zhurnal* [North-Eastern Scientific Journal]. 2012, 3, pp. 37-45. [In Russian]
2. State report on the epidemiological situation in the Yamal-Nenets Autonomous District for the period 2007-2011. Salekhard, 2012. 340 p. [In Russian]
3. Efimova N. V., Mylnikova I. V. Cardiohemodynamic assessment of indicators in children of the far North and Siberia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 2, pp. 10-16. [In Russian]

4. Istomin A. A., Zhavoronkov A. A., Skal'nyj A. V., Alexeev V. P. Peculiarities of chemical composition of yakut hair in the endemic centre of vilaysk encephalomyelitis. *Mikroelementy v meditsine* [Microelements in medicine]. 2002, 3, pp. 33-34. [In Russian]
5. Kirilyuk L. I. *Gigienicheskaya znachimost' tyazhelykh metallov v otsenke sostoyaniya zdorov'ya naseleniya Krainego Severa. Avtoref. dokt. diss.* [Hygienic significance of heavy metals in the assessment of the health status of the population of the Far North: Author's Abstract of Doct. Diss.]. Nadym, 2006, 46 p.
6. Korchina T. Ya. The hair levels of heavy metals in children living in the north of the Tyumen Region. *Gigiena i Sanitariya*. 2007, 4, pp. 27-29. [In Russian]
7. Lisetskaya L. G., Efimova N. V. Results of biomonitoring for zinc in children of the Irkutsk region. *Gigiena i Sanitariya*. 2014, 1, pp. 87-89. [In Russian]
8. Martinchik A. N., Shepova'nikov V. N., Peskova E. V., Onoshko V. A., Domaenko A. V., Lisenkova E. N., Asaulenko V. I. The content of heavy metals in food and blood plasma population Priuralsky area. *Problemy Arktiki i Antarktiki* [Problems of the Arctic and Antarctic]. 2009, 1, pp. 146-152. [In Russian]
9. Nikanov A. N., Krivosheev U. K., Gudkov A. B. Influence of laminaria and the drink "Algapekt" on blood mineral composition in children - residents of Monchergorsk. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 2, pp. 30-32. [In Russian]
10. Nifontova O. L., Litovchenko O. L., Gudkov A. B. Indices of Central and Peripheral Hemodynamics in Indigenous Children of the North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2010, 1, pp. 28-32. [In Russian]
11. Pavlova A. Z., Bogomolov D. V., Larev Z. V., Amanmuradov A. Kh. Hair as a study object in case of poisoning with heavy metal salts. *Sudebno-meditsinskaya ekspertiza* [Forensic-medical examination]. 2012, 6, pp. 25-29. [In Russian]
12. Skalny A. V. *Khimicheskie elementy v fiziologii i ekologii cheloveka* [Chemical elements in the physiology and ecology of human]. Moscow, ONIKS 21 vek Publ., 2004, 216 p.
13. *Toksikologicheskaya khimiya. Metabolizm i analiz toksikantov: uchebnoe posobie* [Toxicological Chemistry. Metabolism and analysis of toxicants: a tutorial]. Kaletina N. I. ed. Moscow, GEOTAR-Media Publ., 2008, 1016 p.
14. *Elementnyi status naseleniya Rossii. Ch. 1. Obshchie voprosy i sovremennye metodicheskie podkhody k otsenke elementnogo statusa individuum i populyatsii* [Element

status of the Russian population. Pt. 1. General issues and modern methodological approaches to assessing the element status of the individual and the population]. Skalny A. V., Kiselev M. F., ed. Saint Petersburg, Medkniga «ELBI-SPb» Publ., 2010, 414 p.

15. *Elementnyi status naseleniya Rossii. Ch. 4. Elementnyi status naseleniya Privolzhskogo i Ural'skogo federal'nykh okrugov* [Elemental status of the Russian population. Pt. 4. Elemental status of the population of the Volga and Ural Federal Districts]. Skalny A. V., Kiselev M. F., ed. Saint Petersburg, Medkniga «ELBI-SPb» Publ., 2013, 576 p.

16. Frolova O. A., Tafееva E. A., Bocharov E. P. Regional features of the content of zinc in the soil, products of plant and animal origin (for the example of the republic of tatarstan). *Gigiena i Sanitariya*. 2017, 3, pp. 226-229. [In Russian]

17. Bencko V. Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings. *Toxicology*. 1995, 101, pp. 29-39.

18. Chojnacka K., Michalak I., Zielinska A. et al. Interrelationship between elements in human hair: the effect of gender. *Ecotoxicol. Environ Saf.* 2010, 73 (8), pp. 2022-2028.

19. Klevay L. M., Christopherson D. M., Shuler T. R. Hair as a biopsy material: trace element data on one man over two decades. *Europ J Clin Nutr.* 2004, 58, pp. 1359-1364.

20. Seidel S., Kreutzer R., Smith D., McNeel S., Gilliss D. Assessment of commercial laboratories performing hair mineral analysis. *JAMA*. 2001, 285 (1), pp. 67-72.

21. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia and prevenzione*. 2010, 34, iss. 5-6, p. 138.

22. Wang Ch.-T., Liu P.-A., Liu L.-Y., Chang W.-T. Concentrations of calcium, copper, iron, magnesium and zinc in young female hair with difference body mass index. *Journal of Trace Elements in Experimental Medicine*. 2004, 18, pp. 210-211.

Контактная информация:

Журба Ольга Михайловна – кандидат биологических наук, зав. лабораторией аналитической экотоксикологии и биомониторинга ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»

Адрес: 665827, Иркутская область, г. Ангарск, 12а микрорайон, д. 3, а/я 1170

E-mail: zhurba99@gmail.com