

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Рафикова Ю.С.², Семенова И.Н.^{1,2}, Хасанова Р.Ф.^{1,2}, Суюндуков Я.Т.^{1,2}, Кутлиахметов А.Н.³**СОДЕРЖАНИЕ РТУТИ В ВОЛОСАХ НАСЕЛЕНИЯ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ**¹Сибайский институт ФГБОУ ВПО Башкирский государственный университет, 453830, Сибай;²Государственное автономное научное учреждение Сибайский филиал Института стратегических исследований Республики Башкортостан, 453837, Сибай;³ФГБОУ ВО Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, 450008, Уфа

Введение. На территории Зауральской зоны Республики Башкортостан (РБ) расположены многочисленные месторождения полиметаллических руд с различным содержанием ртути. Кроме того, металлическую ртуть использовали на золотоизвлекательных фабриках с целью извлечения золота амальгамированием, в результате чего этот металл накапливался в хвостах и эфельных отвалах и поступал из них в окружающую среду.

Цель работы – изучить половозрастные особенности содержания ртути в волосах жителей данной территории.

Материал и методы. В период с 2013 по 2018 г. обследованы 279 клинически здоровых жителей Зауралья РБ. Волосы отбирали с затылочной части головы, согласно стандартной методике ВОЗ. Анализ волос проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной аргонной плазмой. Полученные данные статистически оценивались с использованием программы Statistica 6.0, при этом статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты. Распределение содержания ртути в волосах обследованных лиц (102 мужчины и 177 женщин) отличалось от нормального. Медиана (Me) содержания ртути в волосах обследованных лиц составила 0,072 мкг/г для мужчин и 0,122 мкг/г для женщин, что не превышает показатели для Республики Башкортостан (0,58 и 0,47 мкг/г для мужчин и женщин соответственно). Повышенный риск для здоровья населения имели 1,4% детей, 2,3% подростков и 13,2% взрослых жителей.

Заключение. В результате проведенного исследования выявлены повышенные концентрации ртути в волосах у ряда жителей Зауральской зоны Башкортостана, что требует усиления контроля над уровнем тяжёлых металлов в атмосферном воздухе, почве, воде, продуктах питания и проведения мероприятий по снижению риска для здоровья населения.

Ключевые слова: волосы; ртуть; здоровье населения; Зауральская зона Республики Башкортостан.

Для цитирования: Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Хасанова Р.Ф., Суюндуков Я.Т., Кутлиахметов А.Н. Содержание ртути в волосах населения геохимической провинции. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(12): 1349-1354. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1349-1354>

Для корреспонденции: Семенова Ирина Николаевна, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник ГАНУ ИСИ РБ, 453837, Сибай. E-mail: alexa-94@mail.ru

Финансирование. Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта 19-413-02003 р. а.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Рафикова Ю.С., Семенова И.Н.; сбор и обработка материала – Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Хасанова Р.Ф.; статистическая обработка – Семенова И.Н.; написание текста – Семенова И.Н., Кутлиахметов А.Н.; редактирование – Суюндуков Я.Т.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила 28.02.2019

Принята к печати 17.09.19

Опубликована: декабрь 2019

Rafikova Yu.S.¹, Semenova I.N.^{1,2}, Khasanova R.F.^{1,2}, Suyundukov Ya.T.^{1,2}, Kutliahmetov A.N.³**CONTENT OF MERCURY IN HAIR OF THE POPULATION OF THE GEOCHEMICAL PROVINCE**¹Sibay branch of the Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan, Sibay, 453830, Russian Federation;²Sibay Institute (branch) of the "Bashkir State University", 453830, Russian Federation;³M. Akmulla Bashkir State Pedagogical University, Sibay, 453830, Russian Federation

Introduction. A large number of gold and pyrite deposits are located on the territory of the Trans-Ural zone of the Republic of Bashkortostan (RB). A characteristic concomitant component of ores of deposits of this kind is mercury. For the extraction of gold by amalgamation, metallic mercury was also used, which accumulated in the tailings and dumps of the runner gold recovery plants and came from them into the environment.

Material and methods. To study the age and sex characteristics of the content of mercury in the hair of the inhabitants of the area. In the period from 2013 to 2018, an analytical transverse uncontrolled study was conducted, in which 279 clinically healthy residents of the Trans-Ural zone of the RB. A sampling of hair was carried out according to standard WHO methodology from the back of the head. Chemical-analytical studies of samples were carried out in the licensed laboratory of the Center for Biotic Medicine (Moscow) by mass spectrometry with inductively coupled argon plasma. Statistical analysis was performed using Statistica 6.0, with $p < 0.05$, the differences were assessed as statistically significant.

Results. The distribution of mercury in the hair of the examined individuals (102 men and 177 women) differed from the normal. The median (Me) content of mercury in the hair of the studied individuals was 0.072 $\mu\text{g} / \text{g}$ for men and 0.122 $\mu\text{g} / \text{g}$ for women, which does not exceed the indices for the Republic of Bashkortostan (0.58 and 0.47 $\mu\text{g} / \text{g}$ for men and women, respectively). 1.4% of children, 2.3% of adolescents and 13.2% of adult residents had an increased risk of health.

Conclusion. *As a result of the study, elevated concentrations of mercury were found in the hair of a number of residents of the Trans-Ural zone of Bashkortostan, which requires greater control over the level of heavy metals in the air, soil, water, food and measures to reduce the risk to public health.*

Key words: *hair; mercury; public health; Trans-Ural zone of the Republic of Bashkortostan.*

For citation: Rafikova Yu.S., Semenova I.N., Khasanova R.F., Suyundukov Ya.T., Kutliahmetov A.N. Content of mercury in hair of the population of the geochemical province. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(12): 1349-1354. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-12-1349-1354>

For correspondence: *Irina N. Semenova*, Dr. Sci. Biol., lead researcher of the Sibay branch of the State Autonomous Scientific Institution "Institute for Strategic Studies of the Republic of Bashkortostan. E-mail: alexa-94@mail.ru

Information about the authors: Rafikova Yu.S., <https://orcid.org/0000-0001-9205-736X> SPIN 9326-0342
Semenova I.N., <https://orcid.org/0000-0001-8213-6275> SPIN 1258-9113; Khasanova R.F., <https://orcid.org/0000-0002-8917-0561> SPIN 7574-1473
Sulyundukov Ya.T., <https://orcid.org/0000-0002-6257-6537> SPIN 9448-1209; Kutliahmetov A.N., <https://orcid.org/0000-0001-7271-3171>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Concept and design of the study – Rafikova Yu.S., Semenova I.N.; collection and processing of material – Rafikova Yu.S., Semenova I.N., Khasanova R.F.; statistical processing – Semenova I.N.; writing text – Semenova I.N., Kutliahmetov A.N.; editing – Sulyundukov Ya.T.; approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all co-authors.

Received: March 19, 2019

Accepted: September 17, 2019

Published: December 2019

Введение

На территории Зауральской зоны Республики Башкортостан (РБ), представляющей собой геохимическую провинцию общей площадью свыше 30 000 кв. км, проживает более 260 тыс. человек. В окружающей среде данного региона выявлен повышенный уровень ряда химических элементов, что связано с наличием многочисленных полиметаллических месторождений, разрабатываемых в течение длительного времени горно-рудными предприятиями. Показано, что почвы вблизи крупных горнодобывающих предприятий региона сильно загрязнены медью, цинком, кадмием, свинцом и другими тяжёлыми металлами [1, 2]. В небольших сельских населённых пунктах в местах размещения отработанных и заброшенных карьеров (Баймакский район), а также в районах с отсутствием крупных промышленных предприятий (Абзелиловский, Бурзянский, Зилаирский, Зианчуринский) в объектах окружающей среды также выявлен повышенный уровень ряда химических элементов, в первую очередь Cu, Zn, Fe, Cd [3, 4].

В группе тяжёлых металлов ртуть занимает особое место в силу её высокой токсичности. Согласно ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности», соединения ртути отнесены к чрезвычайно опасным веществам. Этот металл обладает особыми физико-химическими свойствами, такими как лёгкая испаряемость, вязкость и плотность, обуславливающими её концентрирование и перераспределение в компонентах окружающей среды. В результате способности к испарению ртуть, поступающая на поверхность земли из различных источников природного и антропогенного характера, легко улетучивается и переносится на большие расстояния. Устойчивость этого химического элемента в окружающей среде и способность к накоплению в экосистемах может явиться причиной ухудшения здоровья населения [5]. Ртуть негативно влияет на все органы и системы организма человека, главным образом на нервную, пищеварительную и иммунную системы, лёгкие, почки, кожу и глаза. Но особенно выражено токсическому воздействию подвергается развивающийся эмбрион. В первую очередь этот химический элемент воздействует на развитие мозга и нервной системы ребёнка [6–8]. Причём более выраженным негативным действием обладают природные органические формы ртути по сравнению с неорганическими формами в местах геохимических аномалий [9].

На территории Зауральской зоны РБ источники ртути имеют природное (обширные геохимические аномалии) и техногенное (интенсивное и длительное функционирование горнорудных предприятий) происхождение.

Особенностью многих месторождений данного региона является наличие в них золотосодержащих руд разного состава и характера: в Сакмаро-Таналыкской зоне представлены россыпи; в Учалинском районе – преимущественно золото-сульфидные месторождения; в Баймакском районе – полиметалли-

ческие руды; в Белорецком, а также Учалинском, Баймакском районах в большом количестве сосредоточены кварцевые золотые жилы. Сопутствующим компонентом руд золотых и колчеданных месторождений часто является ртуть [10]. Кроме того, ранее золото традиционно извлекали из руды амальгамированием с использованием металлической ртути, что приводило к аккумуляции этого металла в хвостах и эфельных отвалах бегунных золотоизвлекательных фабрик и поступлению его в окружающую среду.

Проведёнными ранее исследованиями различных ландшафтов Зауральской зоны Республики Башкортостан в зоне воздействия отработанных золотоизвлекательных и горнодобывающих предприятий, а также в окрестностях действующей Башкирской золотодобывающей компании (БЗК) показано, что ртуть постоянно присутствует в повышенных концентрациях в рудах колчеданных месторождений и образует протяжённые ореолы около их залежей [11, 12]. Диапазон содержания ртути определяется минеральным составом руд и варьирует от 1 до 250 г/т. Изучение 2742 образцов, отобранных из коренных пород, техногенных грунтов (эфеля, хвосты), почв, донных отложений, почвенного воздуха (ртутометрическая съёмка), воды, выявило наименьшее содержание ртути в серно-колчеданных рудах (1–10 г/т), более высокое – в медно-колчеданных (около 6–10 г/т) и максимальное в медно-цинковых и цинковых рудах (20–30 г/т). Содержание ртути в рудах зависит от концентрации в них сфалерита и блёклых руд, являющихся основными минералами-концентраторами этого металла [10]. В зоне окисления колчеданных месторождений ртуть находится в металлическом виде, при этом её содержание достигает 80 г/т [13]. При извлечении колчеданных руд из недр практически вся ртуть переходит в концентраты и в таком виде вывозится за пределы Башкирского Зауралья на переплавку. В хвостах остаётся до 5% общей массы ртути, которая аккумулируется в хвостохранилищах горно-обогатительных комбинатов. Температуры возгонки ртути из её основных концентраторов (сфалерита и блёклых руд) варьируют в диапазоне 400–6000 °С и более. Поскольку температуры в технологическом цикле переработки руд на обогатительной фабрике не превышают 1000 °С, то ртуть не поступает в атмосферу [14]. Это подтверждается результатами измерений концентраций паров ртути на промплощадке Учалинского горно-обогатительного комбината [12].

Таким образом, в процессе техногенеза основную экологическую опасность в качестве потенциального источника ртути представляют не колчеданные руды, а хвосты и хвостохранилища. Именно они являются источником локального вторичного ртутного загрязнения. Также определённый вклад в поступление ртути в окружающую среду в результате воздушной и водной миграции вносят отвалы карьеров и подземных рудников, разрабатывающих колчеданные месторождения, содержащие рудовмещающие слабоминерализованные породы с аномальными (ореольными) содержаниями ртути.

Таблица 1

Характеристика исследуемой выборки

Показатель	Всего	Новорож- дённые	Дети 1–14 лет	Дети 15–17 лет	Взрослые
Количество обследуемых	279	12	143	41	83
Мужчины	102	7	63	15	17
Женщины	177	5	80	26	66
Средний возраст ($M \pm SD$)	19,1 \pm 17,3	0	8,6 \pm 4,0	15,7 \pm 0,6	41,5 \pm 15,1

Проведённые ранее исследования показали, что заметного повышения концентраций ртути в компонентах ландшафтов на территории г. Учалы не установлено [11, 12]. Наиболее крупными техногенными аномалиями в Учалинском районе РБ являются потоки рассеяния ртути в донных отложениях водотоков и озёр. Их протяжённость по рекам достигает 12 и более километров. Для потоков, связанных с размывом эфельных отвалов, характерны высокие содержания данного металла, достигающие уровня ртутного загрязнения [11].

В отношении техногенной ртути, участвующей в разработке месторождений золота, установлено, что она является одним из источников поступления этого элемента в окружающую среду Зауральской зоны РБ. Наиболее интенсивным техногенным источником ртути являются отвалы золотоизвлекательных фабрик, перерабатывавших золотые руды с применением амальгамации [11, 12, 15].

Основное внимание исследователей, занимающихся изучением содержания ртути в объектах окружающей среды БЗ, было уделено экологическим проблемам посёлка Семёновский, основанного за несколько лет до Октябрьской социалистической революции в связи с открытием Семёновского рудника Южно-Уральского горного акционерного общества. В течение нескольких десятилетий двадцатого века на территории посёлка действовала Семёновская золотоизвлекательная фабрика (СЗИФ). С 1908 г. на СЗИФ использовалась амальгамация (использование ртути) для извлечения тонких фракций самородного золота. Эта устаревшая технология добычи не предусматривала утилизацию промышленных отходов. С 1943 г. переработка золотосодержащих руд на предприятии осуществлялась по технологии цианистого илового процесса, основанной на растворении золота и серебра в цианистых растворах с последующим осаждением благородных металлов на цинковой стружке.

В 1996 г. в посёлке Семёновский сложилась тревожная ситуация с ртутным загрязнением питьевой воды. В пробах, отобранных на территории посёлка в период с апреля по август 1996 г., по данным Управления государственного аналитического контроля и экобезопасности Республики Башкортостан и Института проблем прикладной экологии и природопользования, содержание ртути в атмосферном воздухе составило от 1,3 до 14,6 ПДК, в сточной воде из хвостохранилища – до 100 ПДК, в источниках для питьевой воды – от 19 до 23 ПДК [16]. В этом же году Семёновская золотоизвлекательная фабрика прекратила свою деятельность. Правительством республики было дано распоряжение обеспечить население посёлка качественной питьевой водой. В этих целях был проложен 5-километровый водопровод из нового источника.

В 2012 г. ГУП НИИ БЖД (г. Уфа) совместно с ОАО «Башгипроводхоз» проведена научно-исследовательская работа по оценке состояния объектов окружающей среды (поверхностные воды, снег, атмосферный воздух, подземные воды, аэрогенные загрязнения почв и грунтов, донные отложения, растительность, колодцы, участки почв посёлка Семёновский). Полученные результаты показали, что в снеговом покрове, водах пруда-отстойника и водохранилища ПДК по ртути превышены в 2,6–2,7 раза; в донных осадках техногенных водоёмов – в 1,9–2,7 раза. Анализ закономерностей распространения токсикантов по исследуемой площади показывает чётко выраженный очаг максимального загрязнения – площадку бывшей обогатительной фабрики. Локальные очаги умеренного загрязнения также проявлены в хвостохранилище золотоизвлекательной фабрики и отвалах вскрыши Семёновского месторождения. Селитебная зона посёлка Семёновского практически полностью находится за пределами опасного загрязнения [17].

Недавно показано, что на пастбищах в окрестностях посёлка Семёновский домашние животные продолжают потреблять воду с содержанием ртути. Накапливаясь в организме животных, через продукты животного происхождения ртуть передаётся в организм человека [18].

Комплексные эколого-гигиенические исследования объектов окружающей среды, проведённые в Учалинском и Баймакском районах Республики Башкортостан, выявили, что в воде поверхностных водоёмов, почвах, молоке и продуктах растениеводства, биологических средах жителей обнаружено превышение ПДК ряда металлов, в том числе ртути. Выявлена достоверная

прямая корреляционная связь ($p < 0,05$) между уровнем ртути в волосах детей и содержанием этого металла в молоке ($r = 0,73$), в мясе ($r = 0,50$), картофеле ($r = 0,54$) [19].

Из всех биосубстратов человека, используемых для целей санитарно-гигиенического мониторинга, большой интерес привлекают волосы в связи с лёгкостью отбора образцов, удобностью транспортировки и хранения. Показано, что содержание тяжёлых металлов в волосах человека имеет тенденцию коррелировать с их количеством во внутренних органах, что позволяет использовать волосы, в частности, при изучении воздействия тяжёлых металлов и других загрязняющих веществ на организм [20].

Химико-аналитическое исследование волос удобно использовать при работе с большими группами населения для изучения показателей состояния здоровья и влияния на них внешних факторов. Несмотря на сложности обоснования диапазона нормальных значений этого металла в волосах, высокие содержания ртути свидетельствуют о влиянии окружающей среды на организм [21].

Ранее были изучены региональные особенности накопления токсичных металлов в волосах населения геохимической провинции РБ с повышенным уровнем тяжёлых металлов в объектах окружающей среды, при этом исследовании были проведены в отдельных сельских поселениях с использованием выборок детского населения [3, 22]. Однако исследований половых и возрастных различий в содержании ртути среди всего населения Зауральской зоны Республики Башкортостан не проводилось. В этой связи целью данной работы явилось изучение содержания ртути в волосах населения различного пола и возраста, проживающих в Зауральской зоне Республики Башкортостан.

Материал и методы

В период с 2013 по 2018 г. на территории Зауралья Республики Башкортостан (с. Аскароро Абзелиловского, с. Учалы Учалинского, пос. Тубинский, Ишмузино и Семёновский Баймакского, пос. Бурибай Хайбуллинского, с. Кананикольск и Юлдыбаево Зилаирского административных районов) проведено исследование, в котором приняли участие 279 клинически здоровых жителей – 102 мужчины (36,6%) и 177 женщин (63,4%), разделённых на 8 групп в зависимости от пола и возраста (табл. 1). В исследование включались лица, постоянно проживающие на исследуемой территории в течение практически всей своей жизни, независимо от их национальности (в основном башкиры и русские). Объём выборки составил 0,1% от всего населения территории.

В работе был использован пакет методических документов по обследованию населения, включающий следующие документы: информированное добровольное согласие на проведение исследования, подписанное лицами старше 18 лет или законными представителями детей, анкету, подробное описание всей процедуры отбора, хранения и транспортировки биоматериала. Забор образцов волос детей производили в присутствии родителей также с их письменного информированного согласия.

Образцы волос отбирали с затылочной зоны (МУК 4.1.1482–03, МУК 4.1.1483–03) в бумажные конверты и хранили до анализа в сухом месте при комнатной температуре. Химический анализ волос проводили в аккредитованной испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины», Москва,

Содержание ртути (мкг/г) в волосах населения Башкирского Зауралья

Показатель	Мужчины				Женщины				P
	n	q25	Me	q75	n	q25	Me	q75	
Новорождённые	7	0,022	0,235	0,283	5	0,080	0,113	0,122	0,37
Дети 1–14 лет	63	0,026	0,049	0,094	80	0,058	0,108	0,150	0,00002*
Подростки 15–17 лет	15	0,035	0,075	0,190	26	0,062	0,141	0,262	0,17
Взрослые 18–76 лет	17	0,102	0,304	0,598	66	0,070	0,144	0,301	0,07
Зауралье Республики Башкортостан	102	0,029	0,072	0,147	177	0,063	0,122	0,207	0,0001*
Республика Башкортостан [10]	514	0,3	0,58	1,03	624	0,25	0,47	0,78	–
Приволжский федеральный округ [10]	3275	0,53	1,03	0,135	7453	0,29	0,51	0,9	–
Российская Федерация [11]	2427	0,089	0,154	0,267	2921	0,080	0,113	0,122	–

Примечание. p – уровень значимости различий между лицами мужского и женского пола в соответствующей возрастной группе; * – статистически значимое различие.

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).

Оценку полученных результатов по содержанию ртути в волосах проводили путём сравнения с данными ряда популяционных исследований, рассматривая представленные в них интерквартильные интервалы в качестве референтных значений: для взрослых – в РБ и на территории Приволжского федерального округа РФ (ПФО), в состав которого входит изучаемый регион [23], для детей – на территории России (РФ) [24] в связи с отсутствием подобных исследований на территории РБ.

Математическая обработка полученных данных проводилась при помощи пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США) с использованием методов непараметрической статистики. Прежде всего с помощью критерия Шапиро–Уилка определяли тип распределения для выборок. При распределении, не соответствующем нормальному, вычисляли медиану (Me), а в качестве мер рассеивания представляли интерквартильный интервал. Достоверность различий изучаемых параметров оценивали с использованием критерия Манна–Уитни. Пороговое значение уровня значимости принимали равным 0,05.

Результаты

Тип распределения содержания ртути в волосах обследованных лиц, выявленный с помощью критерия Шапиро–Уилка, был отличен от нормального. Поэтому сравнение полученных результатов со среднероссийскими и региональными показате-

лями проводили с использованием медианы и 25–75-го перцентилей (табл. 2).

Сравнение содержания ртути в волосах мальчиков и девочек в возрасте 1–14 лет с применением критерия Манна–Уитни выявило их значимые различия (p = 0,00002) (см. табл. 2).

Проведённые исследования показали, что медиана содержания ртути в волосах новорождённых, а также детей в возрасте от года до 14 лет не превышала среднероссийские показатели. Для взрослых также не было выявлено превышения по сравнению с показателями для РБ и ПФО.

Выявлено повышение содержания ртути в волосах с увеличением возраста обследуемых лиц (см. рисунок).

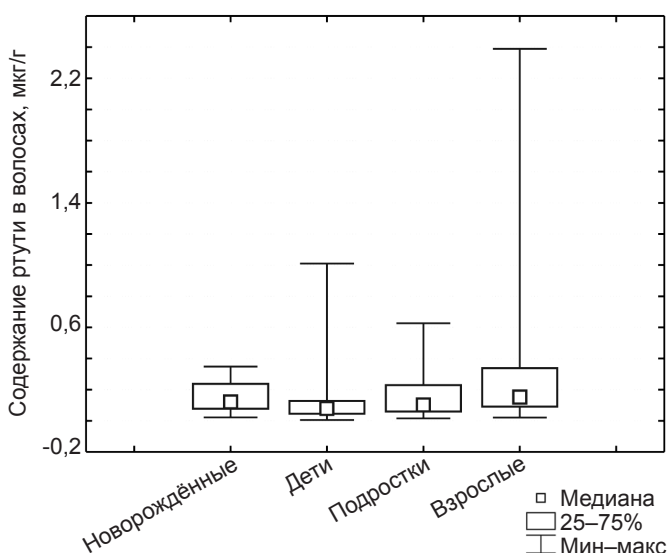
Согласно литературным данным, полученным на основе обследования 1875 женщин из 17 европейских стран, превышение концентрации ртути в волосах женщин свыше 0,58 мкг/г сопровождается некоторыми изменениями в интеллектуальном развитии их детей [25]. Таким образом, содержание ртути в волосах менее 0,58 мкг/г соответствует безопасному уровню, при котором отсутствует отрицательное влияние на организм. При концентрации ртути в волосах свыше 1 мкг/г с большей вероятностью могут возникать отклонения в состоянии здоровья, что требует проведения мероприятий по снижению риска. При концентрации в волосах женщин ртути в интервале от 0,58 до 1 мкг/г требуется выявление потенциальных источников ртути, а также принятие соответствующих мер для снижения токсического воздействия на организм человека. Верхний предел содержания ртути в волосах, предложенный Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), составляет 2,5 мкг/г [26].

Безопасный уровень содержания ртути в нашем исследовании был выявлен у всех обследованных новорождённых детей, у 98,6% детей в возрасте от 1 года до 14 лет, у 97,7% подростков и у 86,76% взрослых. У 0,7% детей старше года и у 2,4% взрослых уровень ртути в волосах был выше 1 мкг/г, что обуславливает повышенный риск для организма (табл. 3).

Таблица 3

Оценка риска для населения Башкирского Зауралья в зависимости от уровня содержания ртути в волосах

Показатель	Новорождённые	Дети	Подростки	Взрослые
Mmin–Mmax, мкг/г	0,022–0,348	0,006–1,010	0,016–0,627	0,021–2,390
Безопасный уровень, < 0,58 мкг/г, %	100	98,60	97,70	86,76
Средний риск, более 0,58 и менее 1 мкг/г, %	0	0,70	2,30	10,84
Повышенный риск, > 1 мкг/г, %	0	0,70	0%	2,40



Диаграммы размаха содержания ртути в волосах населения Зауральской зоны Республики Башкортостан.

Распространённость повышенного содержания ртути в волосах повышается с возрастом. Полученные результаты согласуются с данными, представленными в работе Тупикова В.А. и соавт. (2012). Несмотря на то что средние величины концентрации ртути в волосах жителей различных возрастных групп, проживающих в г. Челябинске, не выходят за рамки допустимого уровня, у лиц старше 30 лет повышаются риски негативного воздействия этого металла на организм [27].

Обсуждение

В данной статье мы приводим результаты изучения региональных особенностей накопления ртути в волосах женщин и мужчин разного возраста, проживающих на территории Зауральской зоны Республики Башкортостан, известной её многочисленными месторождениями руд цветных металлов и развитой горнорудной промышленностью. Волосы имеют преимущество перед другими биологическими тканями, рассматриваемыми в качестве биомаркёров химического воздействия, прежде всего как аккумуляторы химических элементов, анализ содержания которых даёт возможность ретроспективно восстановить воздействие поллютантов за определённый промежуток времени [28].

Литературные данные о фоновом уровне ртути в волосах варьируют от 0,5 до 1 мкг/г, в качестве биологически допустимых приняты концентрации до 5 мкг/г [7, 29]. Эти показатели соответствуют рекомендациям Национального агентства по окружающей среде США [30]. В наших исследованиях максимальное содержание ртути было выявлено в волосах взрослых и составило 2,39 мкг/г.

Снижение объёмов горнорудного производства и закрытие ряда предприятий в целом способствовало улучшению экологической ситуации в регионе. Об этом может свидетельствовать тот факт, что у 100% обследованных новорождённых детей был выявлен безопасный уровень содержания ртути, и лишь у 0,7% детей старше года и у 2,4% взрослых уровень ртути в волосах был выше 1 мкг/г. Для сравнения приведём данные о содержании ртути в волосах сельского населения Ямало-Ненецкого автономного округа: повышенный уровень ртути в волосах был выявлен у 48,8–77,3% населения, причём у аборигенных жителей этот показатель доходил до 92,9% [31].

Изучение содержания ртути в волосах детского населения посёлка Семеновский, проведённое нами в 2017 г., не выявило существенного отличия от средних значений по Башкирскому Зауралью. Следует отметить, что в связи с малочисленностью детского населения данного посёлка (общее количество детей в возрасте до 14 лет в посёлке не превышает 50 при общей численности населения менее 300 человек) количество обследуемых лиц в данном случае составляло менее 10. Для получения достоверных результатов требуется увеличить выборку обследуемых лиц.

Несмотря на то что в целом средний уровень ртути в волосах населения Башкирского Зауралья является невысоким, учитывая особую опасность этого металла для здоровья человека, его высокое содержание в волосах у отдельных лиц следует считать настораживающим фактором, требующим мероприятий по снижению нагрузки этим поллютантом.

Заключение

Проживание в геохимической провинции на территории Башкирского Зауралья накладывает отпечаток на элементный профиль населения. В волосах обследованных жителей во всех половозрастных группах критически высокого содержания ртути не отмечено. Содержание ртути в волосах девочек в возрасте до 14 лет выше по сравнению с мальчиками. С повышением возраста содержание ртути в волосах увеличивается независимо от пола. У ряда лиц этот показатель превышает средние значения РБ и РФ, а также безопасный уровень, при котором отсутствует отрицательное влияние ртути на организм.

Таким образом, выявленные в результате проведённого исследования повышенные концентрации ртути в волосах ряда жителей Зауральской зоны Башкортостана вызывают тревогу и диктуют необходимость усиления контроля над их концентрацией в атмосферном воздухе, почве, воде, продуктах питания и проведения мероприятий по снижению риска для здоровья населения.

Литература

(пп. 3, 4, 9, 20, 25, 28, 30 см. References)

- Опекунова М.Г., Сомов С.С., Папаян Э.Э. Загрязнение почв в районе воздействия горнорудных предприятий Башкирского Зауралья. *Почвоведение*. 2017; 6: 744–8.
- Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Сибай Республики Башкортостан тяжёлыми металлами. *Фундаментальные исследования*. 2011; 8–3: 491–5.
- Ильченко И.Н. Обзор исследований по оценке воздействия ртути на население в постсоветских странах с использованием данных биомониторинга человека. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2015; 59–1: 48–53.
- Скальный А.В. *Микроэлементозы человека: диагностика и лечение*. М.; 1999. 96 с.
- Скальный А.В. *Химические элементы в физиологии и экологии человека*. М.: ОНИКС 21 век; 2004. 216 с.
- Моисеев В.Г., Радомская В.И., Радомский С.М., Пискунов Ю.Г., Савинова Т.А., Леншин А.В. Интоксикация человеческого организма металлической ртутью. *Вестник Дальневосточного отделения РАН*. 2004; 3: 100–10.
- Буриков Е.В., Сечевица А.М. Ртуть в медноколчеданных месторождениях. *Разведка и охрана недр*. 1976; 9: 7–9.
- Кутляхметов А.Н. Ртутное загрязнение ландшафтов горнорудными предприятиями Башкирского Зауралья. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Екатеринбург; 2002.
- Кутляхметов А.Н., Низамутдинова Н.Р., Сафарова В.И., Ибраева С.Г. Воздействие предприятия кучного выщелачивания золота на георесурсы Учалинского района. *Георесурсы*. 2012; 8 (50): 35–44.
- Резенкова Н.И., Самойлова Ю.С. *Ртуть в зоне окисления*. М.: Недра; 1975. 72 с.
- Волькинштейн М.Я., Борецкий И.В., Гуринов Н.Г. и соавт. Распределение ртути в продуктах переработки медно-колчеданных руд Урала. В кн.: *Экологические проблемы промышленных регионов*. Екатеринбург; 1998: 120–1.
- Кулагин А.Ю., Кутляхметов А.Н. Экологические последствия разработки золотоносных месторождений в Башкирском Зауралье. *Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых. Материалы Международной научной конференции, посвящённой 110-летию со дня рождения академика Константина Игнатьевича Лукашёва (1907–1987)*. Минск, 23–25 мая 2017 г. 2017: 92–5.
- Салыхова Г.А. Клинико-лабораторная характеристика состояния полости рта у лиц, контактирующих с ртутью в производственных и непроизводственных условиях. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Уфа; 1999.
- Белан Л.Н., Никонов В.Н. Геоэкологическая и промышленная характеристика хвостохранилища Семёновской золотоизвлекательной фабрики. *Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий*. 2016; 11: 208–11.
- Янтурин С.И., Хисаметдинова А.Ю. Исследование содержания ртути в грунтовых водах в окрестностях села Семёновское Баймакского района Республики Башкортостан. *Доклады Башкирского университета*. 2019; 4 (1): 35–7.
- Аллаярлова Г.Р. Гигиеническая оценка опасности воздействия горнорудных предприятий на окружающую среду и организм человека. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.; 2013.
- Таций Ю.Г. О возможности использования волос в качестве биомониторинга загрязнения окружающей среды ртутью. *Вестник ТюмГУ*. 2013; 12: 158–64.
- Рафикова Ю.С., Семенова И.Н., Суондуков Я.Т., Биктимерова Г.Я., Рафиков С.Ш. Результаты биомониторинга микроэлементов у детей горнорудного региона Башкортостана. *Гигиена и санитария*. 2018; 97 (3): 245–50.
- 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.
- Грабеклис А.Р. Возрастные и половые различия в элементном составе волос детей школьного возраста. *Российский педиатрический журнал*. 2004; 4: 60–1.
- Биомониторинг человека: факты и цифры. Копенгаген: Европейское региональное бюро ВОЗ, 2015. Available at: <http://www.euro.who.int/ru/health-topics/environmentand-health/health-impact-assessment/publications/2015/human-biomonitoring-facts-and-figures> (дата обращения: 27.02.19).
- Тупиков В.А., Наумова Н.Л., Ребезов М.Б. Элементный состав волос как отражение экологической ситуации. *Вестник ЮУрГУ*. 2012; 21: 119–22.
- Ориентировочные фоновые и допустимые биологические уровни некоторых тяжёлых металлов в биосубстратах у населения,

не имеющего с ними профессионального контакта. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Приложение 1. Утверждено МПП РФ 30.11.1992. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90799/37197b6e9878843ed021523902152b55a3767c1c/ (дата обращения: 19.02.2019).

31. Агбалыан Е.В., Ильченко И.Н., Шинкарук Е.В. Уровни содержания ртути в волосах сельских жителей Ямало-Ненецкого автономного округа. *Экология человека*. 2018; 7: 11–6.

References

- Opekunova M.G., Somov S.S., Papyan E.E. Soil pollution in the area of impact of mining enterprises of the Bashkir Trans-Ural. *Pochvovedenie [Soil Science]*. 2017; 6: 744–8. (in Russian)
- Semenova I.N., Ilbulova G.R. Estimation of soil pollution in the city of Sibay of the Republic of Bashkortostan with heavy metals. *Fundamental'nyye issledovaniya [Basic Research]*. 2011; 8–3: 491–5. (in Russian)
- Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Khasanova R.F., Suyundukov Ya.T. Analysis of metal content in soils near abandoned mines of Bashkir Trans Urals and in the hair of children living in this territory. *J Trace Elem Med Biol*. 2018; 50: 664–70. DOI: 10.1016/j.jtemb.2018.06.017.
- Semenova I.N., Rafikova Yu.S., Suyundukov Ya.T., Biktimerova G.Ya. Regional peculiarities of microelement accumulation in objects in the Trans ural region of the Republic of Bashkortostan. In: *Biogenic-Abiogenic Interactions in Natural and Anthropogenic Systems. Lecture Notes in Earth System Sciences*. Switzerland; 2016: 179–87.
- Ilchenko I.N. Review of studies on the assessment of the effects of mercury on the population in post-Soviet countries using human biomonitoring data. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii [Healthcare of the Russian Federation]*. 2015; 59–1: 48–53. (in Russian)
- Skalny A.V. *Microelementoses in humans: diagnosis and treatment [Mikroelementozy cheloveka: diagnostika i lecheniye]*. Moscow; 1999. 96 p. (in Russian)
- Skalny A.V. *Chemical elements in human physiology and ecology [Khimicheskiye elementy v fiziologii i ekologii cheloveka]*. Moscow: ONIKS 21st Century; 2004. 216 p. (in Russian)
- Moiseenko V.G., Radomskaya V.I., Radomsky S.M., Piskunov Yu.G., Savinova T.A., Lenshin A.V. Intoxication of the human body with metallic mercury. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya RAN [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences]*. 2004; 3: 100–10. (in Russian)
- Galster W. Mercury in Alaskan Eskimo Mothers and Infants. *Environ Health Perspect*. 1976; 15: 135–40.
- Burikov E.V., Sechevitsa A.M. Mercury in copper-sulphide deposits. *Razvedka i okhrana nedr [Exploration and Protection of Mineral Resources]*. 1976; 9: 7–9. (in Russian)
- Kutliakhmetov A.N. Mercury contamination of landscapes by mining enterprises of the Bashkir Trans-Urals [Rtutnoye zagryazneniye landshaftov gornorudnymi predpriyatiyami Bashkirskogo Zaural'ya]. Autoabstract of Diss. Ekaterinburg; 2002. (in Russian)
- Kutliakhmetov A.N., Nizamutdinova N.R., Safarova V.I., Ibrayeva S.G. The impact of the enterprise of heap leaching of gold on the georesources of Uchaly district. *Georesursy [Geo-resources]*. 2012; 8 (50): 35–44. (in Russian)
- Rezenkova N.I., Samoilova Yu.S. *Mercury in the oxidation zone [Rtut' v zone okisleniya]*. Moscow: Nedra; 1975. 72 p. (in Russian)
- Volkstein M.Ya., Boretsky I.V., Gurinov N.G. et al. Distribution of mercury in processed products of copper-pyrite ores of the Urals. In: *Ecological problems of industrial regions*. Ekaterinburg, 1998: 120–1. (in Russian)
- Kulagin A.Y., Kutliakhmetov A.N. Ecological consequences of the development of gold deposits in the Bashkir Trans-Urals. *Modern problems of geochemistry, geology and prospecting of mineral deposits. Proceedings of the International Scientific Conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Academician Konstantin Lukashov (1907–1987) [Sovremennyye problemy geokhimi, geologii i poiskov mestorozhdeniy poleznykh iskopayemykh. Materialy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, posvyashchonnoy 110-letiyu so dnya rozhdeniya akademika Konstantina Ignat'yevicha Lukashova (1907–1987)]*. Minsk, May 23–25, 2017. 2017; 92–5. (in Russian)
- Salyahova G.A. Clinical and laboratory characteristics of the oral cavity in persons exposed to mercury in production and non-production conditions. Autoabstract of Diss. Ufa; 1999. (in Russian)
- Belan L.N., Nikonov V.N. Geocological and industrial characteristics of the tailings of the Semenovsk gold recovery plant. *Geologiya, poleznye iskopayemyye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territoriy [Geology, Minerals and Geo-Ecology Problems of Bashkortostan, the Urals and Adjacent Territories]*. 2016; 11: 208–11. (in Russian)
- Yanturin S.I., Khisametdinova A.Yu. Investigation of mercury content in groundwater in the vicinity of the village of Semenovskoe, Baymaksiy District, Republic of Bashkortostan. *Doklady Bashkirskogo universiteta [Reports of the Bashkir University]*. 2019; 4 (1): 35–7. (in Russian)
- Allayarova G.R. Hygienic assessment of the risk of exposure of mining enterprises to the environment and the human body [Gigiyenicheskaya otsenka opasnosti vozdeystviya gornorudnykh predpriyatiy na okruzhayushchuyu sredu i organizm cheloveka]. Autoabstract of Diss. Moscow; 2013. (in Russian)
- Maugh T.N. Hair: a diagnostic tool to complement blood serum and urine. *Science*. 1978; 202: 1271–3.
- Tatsiy Yu.G. About the possibility of using hair as a bioindicator of environmental pollution with mercury. *Vestnik TyumGU [Bulletin of TSU]*. 2013; 12: 158–64. (in Russian)
- Rafikova Yu.S., Semenova I.N., Suyundukov Ya.T., Biktimerova G.Ya., Rafikov S.Sh. The results of biomonitoring of trace elements in children of the mining region of Bashkortostan. *Gigiya i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2018; 97 (3): 245–50. (in Russian)
- Skalny A.V., Berezkina E.S., Demidov V.A., Grabeklis A.R., Skalnaya M.G. Ecological and physiological assessment of the elemental status of the adult population of the Republic of Bashkortostan. *Gigiya i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal]*. 2016; 95 (6): 533–8. (in Russian)
- Grabeklis A.R. Age and sex differences in the elemental composition of the hair of school-age children. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal [Russian Pediatric Journal]*. 2004; 4: 60–1. (in Russian)
- Bellanger M., Pichery C., Aerts D. et al. Economic benefits of methylmercury exposure control in Europe: Monetary value of neurotoxicity prevention. *Environ Health*. 2013; 12: 3–10. DOI: 10.1186/1476-069x-12-3.
- Human biomonitoring: facts and figures. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2015. Available at: <http://www.euro.who.int/ru/health-topics/environmentand-health/health-impact-assessment/publications/2015/human-biomonitoring-facts-and-figures> (accessed 27.02.2019).
- Tupikov V.A., Naumova N.L., Rebezov M.B. The elemental composition of hair as a reflection of the ecological situation. *Vestnik YuUrGU [Bulletin of South Ural University]*. 2012; 21: 119–22. (in Russian)
- Jursa T., Stein C.R., Smith D.R. Determinants of Hair Manganese, Lead, Cadmium and Arsenic Levels in Environmentally Exposed Children. *Toxics*. 2018; 6: 19. DOI: 10.3390/toxics6020019.
- Approximate background and permissible biological levels of some heavy metals in biosubstrates of the population without professional contact with them. Criteria for assessing the ecological situation of the territories to identify areas of emergency ecological situation and zones of ecological disaster. Appendix 1. Approved by the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation on 30.11.1992. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90799/37197b6e9878843ed021523902152b55a3767c1c/ (accessed 19.02.2019). (in Russian)
- National Research Council Toxicological effects of methylmercury. Washington, DC: National Academies Press; 2000. Available at: <https://www.nap.edu/read/9899/chapter/1> (accessed 27.02.19).
- Agbalyan E.V., Ilchenko I.N., Shinkaruk E.V. The levels of mercury in the hair of rural residents of the Yamalo-Nenets Autonomous District. *Ekologiya cheloveka [Human Ecology]*. 2018; 7: 11–6. (in Russian)