

АККУМУЛЯЦИЯ ТОКСИЧНЫХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ БИОГЕОХИМИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Рафикова Ю.С.^{1,3}, Семенова И.Н.^{1,3}, Суюндуков Я.Т.¹, Рафиков С.Ш.²,
Биктимерова Г.Я.¹

¹Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан», Сибай;

²ГОУ ВПО БГМУ Минздрава РФ, Уфа;

³ГБУЗ Центральная городская больница, Сибай

В статье приведены результаты исследований микроэлементного состава волос 97 детей в возрасте до 15 лет, проживающих на территории Зауральской зоны Республики Башкортостан, представляющей собой геохимическую провинцию с повышенным содержанием ряда тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Образцы волос были взяты у населения, проживающего в сельских районах, удаленных от источников техногенного воздействия, в поселках, расположенных на территории отработанных рудников, а также у лиц, проживающих в г. Сибай — центре горнорудной промышленности данного региона. Представлен анализ содержания в волосах 6 токсичных и потенциально токсичных (As, Hg, Al, Pb, Cd, Sn) химических элементов. Показано, что среднее содержание указанных элементов в волосах детей не превышает допустимых нормативов. В единичных случаях отмечены повышенные концентрации всех изученных химических элементов.

Ключевые слова: токсичные микроэлементы, сельское население, элементный состав волос, геохимическая провинция

ACCUMULATION TOXIC TRACE ELEMENTS IN THE HAIR OF THE CHILD POPULATION BIOGEOCHEMICAL PROVINCES

Rafikova Yu.S.^{1,3}, Semenova I.N.^{1,3}, Sujundukov Ja.T.¹, Rafikov S.Sh.²,
Biktimerova G.Ya.¹

¹Institute of Strategic researches of the Republic of Bashkortostan, Sibay, e-mail: ifaganu@mail.ru;

²Bashkir State Medical University, Ufa;

³Sibay Central City hospital, Sibay

The results of microelement hair composition studies 97 children under the age of 15 years, residing in the territory of the geochemical province of the Republic of Bashkortostan with a high content of some heavy metals in the environment. Hair samples were taken from the population living in rural areas, far from anthropogenic sources of exposure, in the villages located in the exhaust mines, as well as by persons living in Sibay - the center of the mining industry in the region. The analysis of the content in the hair and potentially toxic 6 toxic (As, Hg, Al, Pb, Cd, Sn) of chemical elements. It is shown that the average content of these elements in hair of children does not exceed the permissible norms. In some cases, marked by elevated concentrations of all studied chemical elements.

Keywords: toxic trace elements, the rural population, the elemental composition of hair, geochemical province

Микроэлементный анализ волос очень часто используется в качестве метода оценки степени антропогенного загрязнения территории тяжелыми металлами и другими токсическими элементами. Особенно часто такие исследования проводятся для детских контингентов, поскольку неблагоприятные условия среды обитания в первую очередь представляют опасность для детей, отличающихся в силу морфофункциональной незрелости повышенной чувствительностью к недостаточному или избыточному поступлению извне химических элементов.

Элементный состав волос человека может использоваться как индикатор не только

техногенных, но и природных аномалий территории. Учитывая депонирующие свойства волос человека, можно использовать их элементный состав для картирования техногенных ореолов загрязнения и зонирования территорий по степени благоприятности проживания человека. Доказано, что изменение микроэлементного состава тканей человека, в том числе и волос, соответствует элементному составу природно-техногенных геохимических обстановок в местах проживания людей [3].

На территории Российской Федерации находится ряд биогеохимических провинций – областей с повышенным или пониженным содержанием в почвах, водах, донных осадках химических элементов или их соединений, обуславливающих эндемические заболевания у растений, животных и человека [8]. Геохимическая провинция Республики Башкортостан, охватывающая Магнитогорскую структурную зону, характеризуется уникальным скоплением крупных месторождений медноколчеданных руд, а также наличием коренных месторождений и россыпей золота, залежей хромитов, марганцевых руд, бокситов, пиррофиллита, цеолитов и др. В почве, воде, произрастающей растительности и других объектах окружающей среды выявлен повышенный уровень ряда химических элементов, прежде всего Cu, Zn, Fe, Cd. Крупным промышленным центром, расположенным на данной территории, является город Сибай, в котором находится горно-обогатительный комбинат, оказывающий техногенное воздействие на окружающую среду [2, 11].

Помимо действующих горнорудных предприятий, на данной территории расположены также отработанные карьеры и шахты, представляющие собой экологическую угрозу для населения расположенных вблизи них поселков. К сельским поселениям такого рода относятся поселки Ишмурзино, Тубинск и Семеновск Баймакского района, население которых в прошлом веке было занято на разработке крупных месторождений полиметаллических руд. В настоящее время в связи с истощением запасов руды разработка месторождений прекращена, и население занимается в основном сельскохозяйственным производством.

В изучаемом регионе также имеется ряд районов, в которых отсутствуют крупные промышленные предприятия (Бурзянский, Зилаирский и другие районы).

Цель настоящего исследования — сравнительная оценка накопления токсичных микроэлементов в волосах детского населения, проживающего в сельских поселениях Зауральской зоны Республики Башкортостан, и в г. Сибай, где расположен горно-обогатительный комбинат, функционирующий более чем полвека.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужило детское население, проживающее на территории геохимической провинции Республики Башкортостан. Для решения поставленных задач

методом случайной выборки была сформирована группа из 58 детей в возрасте до 15 лет, проживающих в сельских поселениях, а также в г. Сибай. Были выделены три зоны, отличающиеся по степени техногенеза: 1 — районы без выраженного техногенного воздействия (Бурзянский, Зилаирский, Зианчуринский), 2 — поселки, расположенные вблизи отработанных карьеров и горнорудных производств, 3 — г. Сибай.

Отбирали пробы волос с затылочной части головы, затем в конвертах, маркированных фамилией ребенка и датой взятия пробы, волосы отправляли в лабораторию АНО «Центр биотической медицины» (Москва) (аттестат аккредитации ГСЭН. RU.ЦОА.311, регистрационный номер в Государственном реестре РОСС RU.0001.513118 от 29 мая 2003 г.). Показатели содержания химических элементов в отобранных образцах волос сравнивались между собой, а также со средними значениями их содержания (межквартильный интервал), полученными при проведении популяционных исследований в различных регионах Российской Федерации и Республики Башкортостан (референтные значения) [13]. Для оценки содержания ртути и олова использовался условно биологически допустимый уровень (УБДУ), под которым подразумевались эмпирически установленные на основании многолетних клинических наблюдений уровни содержания химических элементов, не вызывающих специфических изменений здоровья людей [12].

Для обработки полученных данных использовали пакет программ STATISTICA 6.0.

Результаты и обсуждение

Результаты анализа волос детей показали, что концентрации большинства изученных химических элементов характеризовались большим размахом абсолютных величин. Проверка характера распределения абсолютных значений концентраций показала, что график выборки имел асимметричный вид со сдвигом в правую сторону. Как известно, к величинам, не подчиняющимся закону нормального распределения, неприменимы методы традиционной вариационной статистики. Поэтому для дальнейшего анализа нами была использована центильная оценка полученных результатов.

Алюминий. Алюминий – один из наиболее распространенных в природе элементов, занимающий третье место после кислорода и кремния, с которыми в виде алюмосиликатов составляет больше 82% массы земной коры. Будучи наиболее распространенным в земной коре металлом, алюминий активно влияет на процессы жизнедеятельности организмов различного уровня [10]. Экспериментально доказана потенциальная опасность бытового использования алюминиевой посуды как источника алюминия в питьевой воде. Выявлено, что в процессе кипячения артезианской воды алюминий переходит в раствор благодаря наличию в ней макроэлементов — анионов. Концентрация алюминия в артезианской воде, кипяченной в алюминиевой посуде, превышает ПДК более чем в 10 раз по нормативам РФ и

более чем в 25 раз по нормативам ВОЗ и США [9].

Для оценки содержания алюминия в организме используются результаты исследований крови, мочи и волос. Среднее содержание алюминия в плазме крови составляет около 2 мкг/л. В моче содержание алюминия находится в пределах 1–20 мкг/л, а в волосах 1–20 мг/кг. По литературным данным, содержание алюминия в волосах у мужчин встречается чаще, чем у женщин, а у детей этот показатель выше, чем у взрослых [15].

В волосах взрослых 25–50 лет, проживающих на территории Республики Башкортостан, содержание алюминия в волосах составило 6,78 мкг/г у мужчин и 5,33 мкг/г для женщин, т.е. являлось пониженным по сравнению со среднестатистическими значениями для жителей ПФО (9,44 и 8,18, соответственно) [13].

В наших исследованиях этот показатель был достаточно высоким: наибольшее среднее содержание алюминия в волосах детей было выявлено во 2-й зоне (медиана равна 20,72 мг/г) (табл. 1). Также были выявлены единичные случаи высокого (до 130,18 мкг/г) содержания алюминия в волосах сибайских детей.

Таблица 1

Содержание алюминия в волосах детей, мкг/г

№	n	M	m	Me	q25	q75	Minimum	Maximum
1	10	21,64	8,09	9,97	7,78	20,28	2,09	101,00
2	22	22,66	3,24	20,72	8,51	33,71	3,81	56,90
3	26	17,76	4,70	14,25	8,41	17,84	3,32	130,18

Содержание алюминия в волосах мальчиков превышало данный показатель для девочек, за исключением детей в возрасте 6–10 лет. С повышением возраста наблюдали увеличение содержания алюминия в волосах мальчиков.

Кадмий. Наибольшее содержание кадмия, превышающее референтные значения (0,012–0,053 для женщин и 0,033–0,193 для мужчин), было зарегистрировано в волосах детей, проживающих во 1-й зоне, наименьшее – во 2-й (табл. 2). Во всех группах детей были выявлены случаи единичного очень высокого содержания кадмия в волосах. Особенно высокими были показатели в группе сибайских детей (до 1,01 мкг/г).

Таблица 2

Содержание кадмия в волосах детей, мкг/г

№	n	M	m	Me	q25	q75	Minimum	Maximum
1	10	0,10	0,04	0,20	0,15	0,35	0,05	0,42
2	22	0,09	0,02	0,08	0,06	0,11	0,01	0,37
3	26	0,13	0,04	0,11	0,08	0,16	0,03	1,01

Максимальное содержание кадмия было выявлено у мальчиков 6–10 лет. У девочек наблюдалась тенденция к снижению этого показателя по мере увеличения возраста.

Ртуть. Этот элемент является высокотоксичным для человека. Ртуть инактивирует многие ферменты, связываясь с сульфгидрильными группами в их активном центре, снижает биосинтез белков, нарушает проницаемость цитоплазматической мембраны и транспорт через нее [1].

Результаты статистической обработки данных по содержанию ртути в волосах обследованных детей представлены в таблице 3.

Наибольшее содержание ртути было зарегистрировано в волосах детей, проживающих во 1-й зоне, наименьшее – во 2-й (табл. 3). Незначительное превышение допустимых нормативов (0–1 мкг/г) зарегистрировано среди детей г. Сибай (1,01 мкг/г). В целом содержание данного химического элемента в волосах детей исследуемого региона значительно ниже, чем в других населенных пунктах Российской Федерации [5]. Аналогичные результаты были получены при исследовании волос детей Белорецкого и Абзелиловского районов Республики Башкортостан [6].

Таблица 3

Содержание ртути в волосах детей, мкг/г

№	n	M	m	Me	q25	q75	Minimum	Maximum
1	10	0,23	0,04	0,20	0,15	0,35	0,05	0,42
2	22	0,09	0,02	0,08	0,06	0,11	0,01	0,37
3	26	0,17	0,04	0,11	0,08	0,16	0,03	1,01

Наибольшие значения содержания ртути были выявлены у детей в возрасте до 5 лет.

Для детей всех возрастных групп характерным являлся более высокий уровень ртути в волосах девочек, что совпадает с литературными данными [6].

Свинец. Референтные значения этого элемента варьируют в пределах от 0,23 до 0,77 мкг/г для женщин и от 0,50 до 2,51 мкг/г для мужчин [13]. В наших исследованиях наибольшее содержание свинца было выявлено в волосах детей из 1-й группы (табл. 4).

Таблица 4

Содержание свинца в волосах детей, мкг/г

№	n	M	m	Me	q25	q75	Minimum	Maximum
1	10	2,08	0,70	1,75	0,72	2,65	0,23	7,78
2	22	1,49	0,54	0,60	0,38	1,51	0,18	11,41
3	26	0,81	0,12	0,63	0,37	1,21	0,12	2,91

Содержание свинца в волосах мальчиков было выше, чем в волосах девочек, за исключением детей в возрасте до 5 лет. Для мальчиков была выявлена тенденция к возрастанию этого показателя с повышением возраста.

В литературе имеются данные по содержанию свинца в волосах детей. Так, в г. Казань концентрация этого элемента варьировала от 3,27 до 5,87 мкг/г в зависимости от эколого-гигиенических условий проживания [14]. Среднее содержание свинца в волосах здоровых детей сельских поселений Чувашии равнялась 3,46 мкг/г [7]. Таким образом, ситуация по содержанию свинца в волосах детей Башкирского Зауралья достаточно благоприятная. Вместе с тем во всех изученных группах были случаи превышения нормативных величин: в Бурзянском районе (с. Аскароро) был выявлен случай высокой концентрации этого элемента, равной 7,78 мкг/г, в волосах девочки 4 лет, а в Баймакском районе – в волосах мальчика 12 лет (11,41 мкг/г).

Олово. Средний уровень условно токсичного элемента Sn не превышал допустимого уровня, равного 1,5 мкг/г (табл. 5). Референтные величины составляли от 0,08 до 0,41 мкг/г для женщин и от 0,07 до 0,17 мкг/г для мужчин [13]. Наибольшее содержание этого элемента обнаружено в волосах детей Бурзянского района (1-я группа). В 1-й и 3-й группах были выявлены случаи очень высокого содержания в волосах данного элемента (до 3,82 мкг/г).

Таблица 5

Содержание олова в волосах детей, мкг/г

№	n	M	m	Me	q25	q75	Minimum	Maximum
1	10	0,74	0,26	0,47	0,22	0,68	0,08	2,27
2	22	0,12	0,02	0,09	0,04	0,20	0,01	0,47
3	26	0,41	0,15	0,18	0,10	0,40	0,05	3,82

Содержание олова в волосах мальчиков было ниже, чем в волосах девочек. Наибольшие значения данного показателя были выявлены в группе детей до 5 лет.

Мышьяк. Физиологическое действие мышьяка обусловлено его способностью ингибировать некоторые ферменты, связываясь с сульфгидрильными группами. Дефицит мышьяка у млекопитающих выражается в нарушениях половой сферы и преждевременной гибели потомства, для человека его дефицит не доказан. Избыток мышьяка вызывает заболевания нервной и сердечно-сосудистой системы, кишечного тракта, печени, кожных покровов. Обладает канцерогенным действием. Содержание мышьяка в волосах, превышающее 1–3 мг/кг, указывает на возможное отравление этим элементом [1].

Результаты статистической обработки данных по содержанию As в волосах обследованных лиц не выявили различий по этому показателю между исследуемыми

группами. Единичные случаи высокого содержания мышьяка были зарегистрированы в 1-й и 3-й группах. В остальных населенных пунктах концентрация данного элемента была ниже референтных значений (0,021–0,021 мкг/г для женщин и 0,021–0,082 мкг/г для мужчин) и допустимого уровня (0–1 мкг/г) (табл. 6).

Таблица 6

Содержание мышьяка в волосах детей, мкг/г

№	n	M	m	Me	q25	q75	Minimum	Maximum
1	10	0,10	0,06	0,04	0,01	0,05	0,01	0,65
2	22	0,04	0,01	0,04	0,02	0,07	0,01	0,09
3	26	0,06	0,01	0,04	0,04	0,05	0,04	0,33

Из литературных данных известно, что в содержании мышьяка в волосах детей Белорецкого и Абзелиловского районов Республики Башкортостан наблюдались половые различия, выраженные в том, что волосы девочек в большей степени накапливали этот элемент по сравнению с волосами мальчиков. При этом данные различия были более выражены у лиц в возрасте до 13 лет, после чего различия между полами становились не столь велики и наблюдалась даже обратная тенденция. Возрастные изменения содержания мышьяка в волосах, выявленные у девочек, проявлялись в снижении концентраций с возрастом после 11–13 лет с 0,31 до 0,04 мкг/г. У мальчиков уровень содержания мышьяка в волосах независимо от возраста варьировал в диапазон 0,04–0,14 мкг/г [6].

В наших исследованиях содержание мышьяка в волосах мальчиков по сравнению с девочками было выше в возрастных группах до 5 лет и от 11 до 15 лет. При этом наибольшее его содержание было отмечено в волосах мальчиков младшей возрастной группы. Уровень содержания данного элемента в волосах девочек оставался примерно постоянным.

В таблице 7 приведены данные по содержанию токсичных химических элементов в волосах городских и сельских детей Башкирского Зауралья в сравнении с опубликованными показателями по Российской Федерации [4]. В наших исследованиях мы не выявили превышения среднего содержания токсичных элементов в волосах детей по сравнению со среднероссийскими показателями. Незначительно повышенное среднее значения алюминия было выявлено в волосах детей из 2-й группы.

Таблица 7

Сравнение содержания химических элементов в волосах детей, проживающих в различных зонах исследуемого региона, в сравнении со среднероссийскими показателями, $M \pm m$, мкг/г

Элементы	1-я зона	2-я зона	3-я зона	Российская Федерация

Al	21,64±8,09	22,66±3,24	17,76±4,70	22,4±0,5
Cd	0,10±0,04	0,09±0,02	0,13±0,04	0,23±0,01
Hg	0,23±0,04	0,09±0,02	0,170,04	0,27±0,01
Pb	2,08±0,70	1,49±0,54	0,81±0,12	2,6±0,07
Sn	0,74±0,26	0,12±0,02	0,41±0,15	1,06±0,02
As	0,10±0,06	0,04±0,01	0,06±0,01	0,33±0,01

Заключение

Обобщая полученные результаты по оценке содержания токсичных микроэлементов в волосах детского населения Башкирского Зауралья, можно констатировать, что средние показатели соответствовали уровню, показанному в работах разных авторов для детей других городов и районов [4, 5]. Превышение биологически допустимого уровня имело место только в единичных случаях.

Полученные результаты могут служить сравнительным материалом для работ по мониторингу состояния окружающей среды и определения степени воздействия токсичных элементов на население, проживающее в различных геохимических районах и экологических условиях, а также могут быть использованы для разработки региональных нормативов содержания элементов в волосах детей.

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

Список литературы

1. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991.
2. Антропогенная трансформация почв города Сибай в зоне влияния предприятий горнорудной промышленности / Я.Т. Суюндуков, И.Н. Семенова, А.Б. Зулкарнаев, И.К. Хабиров. – Уфа: Гилем, 2014. — 123 с.
3. Барановская Н.В. Элементный состав биологических материалов и его использование для выявления антропогенно-измененных территорий (на примере южной части Томской области) : автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. биол. наук. — Томск, ТГУ, 2003. — С. 24.
4. Биоэлементный статус населения Беларуси: экологические, физиологические и патологические аспекты // под ред. Н.А. Гресь, А.В.Скального. – Минск: Харвест, 2011. – 352 с.

5. Грабеклис А.Р. Половые, возрастные и эколого-географические различия в элементном составе волос у детей 7–14 лет, проживающих в различных регионах России: автореферат дисс.. канд. биол. наук. / А.Р. Грабеклис. СПб.: ОГУ, 2009. — 24 с.
6. Зорина Д.Ю. Возрастные и половые аспекты изменчивости концентраций токсичных микроэлементов в волосах башкирских детей и подростков. Вестник Московского университета. Серия 23: Антропология. – 2010. – № 4. – С. 88–94.
7. Иванова И.Е., Родионов В.А. Содержание макро- и микроэлементов в волосах у здоровых детей Чувашской Республики // Здравоохранение Чувашии. – 2011. – № 4. – С. 44–49.
8. Ковальский В.В. Геохимическая среда и жизнь. М.: Наука, 1987. – 76 с.
9. Кузнецова Я.А., Молоканова Ю.П. Алюминиевая посуда как потенциальный источник алюминия в организме человека и его роль в патогенезе некоторых нейродегенеративных заболеваний // В сборнике научных трудов III Всероссийской заочной научно-практической конференции «Актуальные вопросы научной и научно-педагогической деятельности молодых ученых». М., 2016. – С. 388–397.
10. Рыжикова И.А., Соколов В.Г., Проблема токсичности алюминия для биологических систем // Актуальные проблемы экологии Ярославской области: материалы 2-й науч.-тех. конф., Ярославль, 2003. – С. 174.
11. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Сибай Республики Башкортостан тяжелыми металлами // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8-3. – С. 491–495.
12. Скальный А.В. Референтные значения концентрации химических элементов в волосах, полученные методом ИСП-АЭС // Микроэлементы в медицине. 2003. – Т. 4. — Вып. 1. – С. 55–56.
13. 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. – Т. 95(6). – С. 533–538.
14. Степанова Н.Ф., Фомина С.Ф., Валеева Э.Р. Биологический мониторинг как показатель экологического благополучия территории по загрязнению тяжелыми металлами // Научный альманах. – 2015. – № 7(9). – С. 904–912.
15. Шугалей И.В., Гарабаджиу А.В., Илюшин М.А., Судариков А.М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы // Экологическая химия. 2012, 21(3). – С. 172–186.