

P18-2012-110

Д. Ю. Зорина<sup>1</sup>, М. С. Козырева<sup>1</sup>, З. И. Горяйнова,  
А. Ю. Дмитриев, В. А. Бацевич<sup>1</sup>, М. В. Фронтасьева

**НЕЙТРОННЫЙ АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ  
ВОЛОС ДЕТЕЙ ОНГУДАЙСКОГО РАЙОНА  
РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ**

Направлено в журнал «Вопросы биологической, медицинской  
и фармацевтической химии»

---

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,  
НИИ и музей антропологии им. Д. Н. Анучина, Москва

Зорина Д. Ю. и др.

P18-2012-110

Нейтронный активационный анализ волос детей  
Онгудайского района Республики Алтай

В работе методом нейтронного активационного анализа проведено определение содержания в волосах короткоживущих изотопов (Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, V, Mn, Cu и I) у детей-алтайцев из четырех сел Онгудайского района Республики Алтай. Проанализированы данные по 54 мальчикам и 132 девочкам в возрасте от 7 до 17 лет. Достоверно более высокое содержание натрия, алюминия и хлора отмечается в волосах мальчиков по сравнению с девочками. Концентрации магния и кальция достоверно выше у девочек. Концентрации йода, меди, марганца и серы в волосах мальчиков и девочек близки между собой, различия между полами не достоверны. Медианы концентраций изучаемых элементов в волосах мальчиков и девочек составили соответственно: Na — 75 и 50; Mg — 49 и 62; Al — 21 и 13; S — 41150 и 39850; Cl — 1020 и 390; Ca — 608 и 973; Mn — 1,1 и 0,82; Cu — 9; I — 0,2 мкг/г. Показано, что повышенное содержание кальция и магния в волосах наблюдается у детей, проживающих в селах с высокой жесткостью и минерализацией питьевых вод. Концентрации йода в волосах детей обследованной группы понижены, особенно в пубертатный период.

Работа выполнена в НИИ и музее антропологии МГУ им. М. В. Ломоносова и Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2012

Zorina D. Yu. et al.

P18-2012-110

Neutron Activation Analysis of Children's Hair  
from Ongudai District of Altai

In the present study neutron activation analysis was used to determine short-lived isotopes (Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, V, Mn, Cu and I) in the hair of Altai children from four villages in Ongudai district of the Altai Republic. Data for 54 boys and 132 girls at the age of 7 to 17 were analyzed. Significantly higher content of sodium, aluminum and chlorine was observed in the hair of boys over girls. Concentrations of magnesium and calcium were significantly higher in the hair of girls. Iodine, copper, manganese and sulfur concentrations in the hair of boys and girls are close to each other, the differences between the sexes are not significant. Median concentrations of the studied elements in the hair of boys and girls were, respectively: Na — 75 and 50; Mg — 49 and 62; Al — 21 and 13; S — 41150 and 39850; Cl — 1020 and 390; Ca — 608 and 973; Mn — 1.1 and 0.82; Cu — 9; I — 0.2  $\mu\text{g/g}$ . It was shown that the high content of calcium and magnesium is observed in the hair of children living in rural areas with high hardness and salinity of drinking water. Iodine concentrations in the hair of studied cohort of children is low, especially in puberty.

The investigation has been performed at the Institute and Museum of Anthropology of Lomonosov Moscow State University and at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2012

## **ВВЕДЕНИЕ**

В современных условиях в связи с антропогенной трансформацией биосферы и активными миграциями населения актуально изучение взаимодействия биогеохимических факторов окружающей среды и здоровья людей. Отставание компенсаторно-адаптационных возможностей организма от стремительно меняющихся биогеохимических условий среды обитания проявляется в увеличении заболеваемости, смертности, уменьшении продолжительности жизни человека и других негативных последствиях [1]. Проведение комплексных ландшафтно-геохимических исследований при изучении антропоэкологических связей в естественных ландшафтах дает возможность установить влияние окружающей среды на организм человека. Геохимические условия ландшафтов во многом определяют возможность поступления различных элементов в организм человека через пищевую цепь в сельской местности. При этом важную роль играет и социальный фактор, в первую очередь тип питания и уклад жизни. Поступление химических элементов может идти как прямо (через источники водоснабжения), так и косвенно (через почвенно-растительный покров и продукты питания) [2]. Состав тела, количество жировой, мышечной, костной ткани и их соотношение зависят от обеспеченности организма человека микроэлементами, что является хорошо установленным фактом [3–5].

В современной практике для оценки содержания макро- и микроэлементов в организме человека приняты методы его определения в сыворотке крови, моче, волосах, зубном дентине, костной и других тканях [3, 6–8].

В настоящее время исследования элементного состава волос довольно многочисленны и их результаты широко используются в медицине, биологии, токсикологии, криминалистике, мониторинге окружающей среды. Например, для медицины это определение гипо- и гипермикроэлементозных состояний, дисбаланса микроэлементов в организме [9–11]. Активно исследуются связи между химическим составом волос и различными заболеваниями, обусловленными генетическими нарушениями, изменениями в обмене веществ и другими факторами [12–14].

Особенно широко микроэлементный анализ волос используется при контроле состояния окружающей среды и для определения степени антропогенной нагрузки на нее [9, 15–17]. Волосы, особенно у детей, как наиболее чувствительной и подверженной различным воздействиям части любой человеческой популяции, являются одним из показателей загрязнения среды целым рядом химических элементов [14–18].

Нейтронный активационный анализ (НАА) успешно применяют для анализа биолого-медицинских образцов, как то зубов и костей животных и человека [19, 20], различных органов и тканей, в том числе волос человека [12, 21]. По сравнению с другими аналитическими методами, применяемыми в такого рода исследованиях — атомно-абсорбционная спектрометрия (ААС), варианты масс-спектрометрии (ИСП-АЭС, ИСП-МС), НАА имеет ряд преимуществ, поскольку он является неdestructивным методом, не требующим предварительного растворения образцов, а также обладает высокой чувствительностью (предел обнаружения — от сотен нанограмм до единиц пикограмм) и является многоэлементным, с возможностью определения до 45 элементов в медико-биологических образцах.

## ЭКСПЕРИМЕНТ

**Территория пробоотбора.** Материалом для настоящей работы послужили 186 образцов волос сельских школьников-алтайцев 7–17 лет, обследованных в ходе совместной антропоэкологической экспедиции сотрудников НИИ и музея антропологии МГУ и Горно-Алтайского государственного университета в Онгудайский район Республики Алтай в 2010 г.

Регион исследований представляет особый интерес, поскольку он удален от крупных промышленных центров, а слабое антропогенное воздействие позволяет изучать здесь фоновый элементный химический состав компонентов наземных экосистем. Наличие же полиметаллических и ртутных месторождений, рудопроявлений и их ореолов рассеяния обуславливает локальные особенности элементного состава наземных экосистем [22]. Элементный химический состав почвообразующих пород, почв и растений Алтайской горной области можно рассматривать как отражение биогеохимической ситуации экологически чистого региона с ненарушенными естественными биогеохимическими циклами элементов [22].

По результатам анкетирования была сформирована база данных, содержащая сведения о детях-алтайцах. Пробоотбор волос детей проводили в четырех селах Онгудайского района (рис. 1). Для анализа были взяты: 32 образца волос детей из с. Ело (7 мальчиков, 25 девочек), 31 образец волос детей из с. Теньга (8 мальчиков, 23 девочки), 22 образца волос детей из с. Кулада (7 мальчиков, 15 девочек), 101 образец волос детей из с. Онгудай (32 мальчика, 69 девочек).

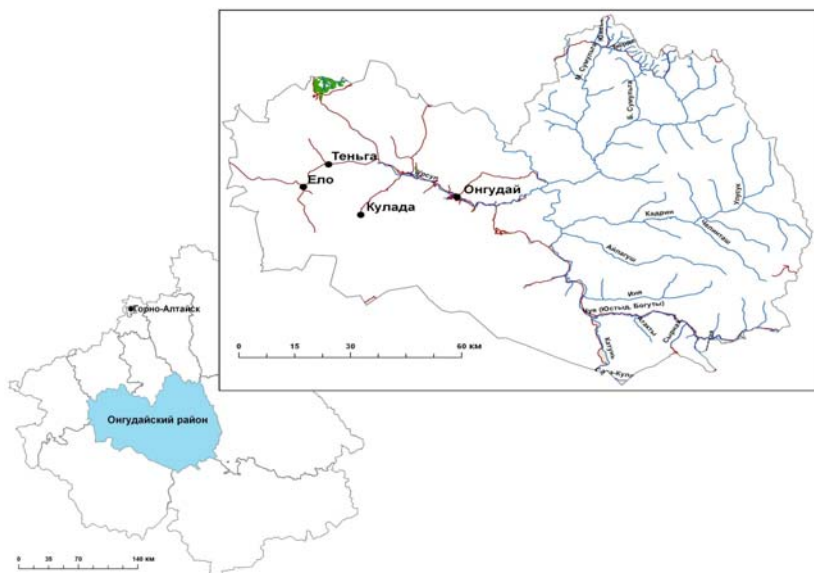


Рис. 1. Карта Республики Алтай с местоположением точек пробоотбора

**Пробоотбор волос.** Отбор образцов волос проводил обученный персонал. Порядок отбора проб волос следующий:

- полностью заполнялась учетная карточка пациента, содержащая информацию по пользованию шампунями и кондиционерами;
- надевалась новая пара резиновых перчаток, не обработанных тальком;
- извлекались расческа, ножницы и зажимы для волос из раствора изопропилового спирта, раскладывались на одноразовой салфетке и сушились;

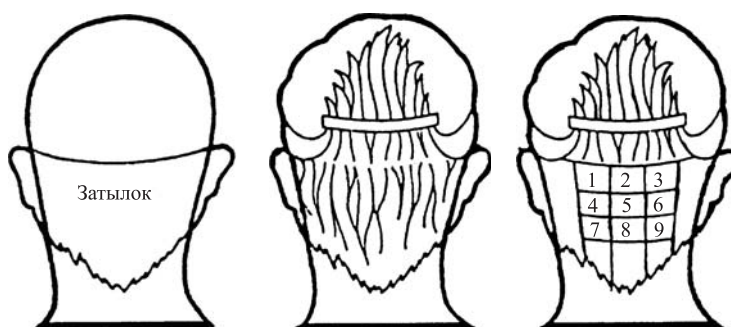


Рис. 2. Схема отбора волос

- выделялся с помощью зажимов участок волос, границы которого проходили между верхними кончиками ушей и задней частью шеи;
- хирургическими ножницами из нержавеющей стали состригались 10–20 прикорневых прядей волос на 5–10 различных участках затылочной области длиной 3–5 см (внешний вид ребенка должен страдать от небрежной стрижки) (рис. 2).

Состриженные волосы помещали в чистый герметический пластиковый пакетик с фиксатором-застежкой, наклеивали этикетку с маркировкой пробы.

Хранили и транспортировали пробы волос в чистых пластиковых герметичных пакетах с фиксатором-застежкой.

**Пробоподготовка для НАА.** Отобранные волосы отмывают для удаления поверхностного загрязнения. Пробу волос помещают в стакан, заливают ацетоном (квалификация «осч») и выдерживают в течение 10 мин при периодическом перемешивании. Затем волосы трижды промывают дистиллированной водой и повторяют выдерживание в ацетоне в течение 10 мин. Вымытые волосы помещают между листами фильтровальной бумаги и сушат при температуре 20–23 °С.

**Анализ.** Определение элементного состава образцов проводили с помощью инструментального нейтронного активационного анализа (ИНАА) на реакторе ИБР-2 ЛНФ ОИЯИ. Для определения короткоживущих изотопов образцы волос массой 0,07–0,2 г упаковывали в полиэтиленовые пакеты с последующим облучением в полиэтиленовых транспортных контейнерах в течение 15 мин. После облучения образцы извлекали из транспортных контейнеров, далее их помещали в чистые измерительные контейнеры. Наведенную гамма-активность образцов измеряли в течение 20 мин через 3–5 мин после выгрузки из канала облучения.

**Таблица 1. Периоды полураспада и гамма-линии образующихся изотопов при анализе образцов волос**

Элемент	Изотоп	Время полураспада	Гамма-пик, кэВ
Na	<sup>24</sup> Na	14,7 ч	2753,6
Mg	<sup>27</sup> Mg	9,5 мин	1014,1
Al	<sup>28</sup> Al	2,2 мин	1778,9
S	<sup>37</sup> S	5,0 мин	3103,0
Cl	<sup>38</sup> Cl	37,2 мин	2168,8
Ca	<sup>49</sup> Ca	8,7 мин	3084,4
Mn	<sup>56</sup> Mn	2,6 ч	1810,7
Cu	<sup>66</sup> Cu	5,1 мин	1039,0
I	<sup>128</sup> I	25,0 мин	442,9

Таблица 2. Результаты НAA (\*) и сертифицированные значения эталонов (#) в единицах мг/кг (в скобках указана ошибка, %)

Элемент	1547*	1547#	1571*	1571#	1572*	1572#	1573a*	1573a#	1575a*	1575a#	1577*	1577#
Na	34,7	24 (8,3)	105	82 (7,3)	146	160 (12,5)	—	—	60,9	63 (1,6)	2440	2430 (5,3)
Mg	4320	4320 (1,9)	6190	6200 (3,2)	5360	5800 (5,2)	—	—	1370	1060 (16,0)	675	604 (1,5)
Al	249	249 (3,2)	—	—	96,8	92 (16,3)	—	—	604	580 (5,2)	—	—
S	—	—	—	—	5260	4070 (2,2)	9600	9600 (30,0)	—	—	—	—
Cl	374	360 (5,3)	894	690 (30,0)	426	414 (30,0)	—	—	423	421 (1,7)	3540	2700 (30,8)
K	24300	24300 (1,2)	13300	14700 (2,0)	16700	18200 (3,3)	—	—	—	—	9740	9700 (6,2)
Ca	15600	15600 (1,3)	21600	20900 (1,4)	31100	31500 (3,2)	44500	50500 (1,8)	2370	2500 (4,0)	—	—
V	0,37	0,37 (8,1)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	94,2	98 (3,1)	90,7	91 (4,3)	20,1	23 (8,7)	—	—	488	488 (2,5)	10,7	10,3 (9,7)
Cu	—	—	—	—	13	16,5 (6,1)	—	—	—	—	193	193 (5,2)
I	—	—	—	—	1,84	1,84 (1,6)	—	—	—	—	—	—

Для измерения наведенной активности использовали спектрометры на основе сверхчистого германия с разрешением 1,7–1,9 кэВ для гамма-линии 1332,4 кэВ  $^{60}\text{Co}$  и эффективностью регистрации гамма-квантов порядка 40 %.

Обработку гамма-спектров и расчет концентраций элементов проводили с помощью программы GENIE-2000 и пакета программ, разработанного в секторе нейтронного активационного анализа и прикладных исследований Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка [23].

Ядерно-физические данные для определенных короткоживущих радионуклидов приведены в табл. 1.

**Контроль качества анализа.** Контроль качества анализа осуществлялся с помощью сертифицированных эталонных материалов: 1547 (Peach leaves, НИСТ), 1571 (Orchard leaves, НИСТ), 1572 (Citrus leaves, НИСТ), 1573a (Tomato leaves, НИСТ), 1575a (Pine needles, НИСТ) и 1577 (Bovine leaver, НИСТ), которые облучали вместе с анализируемыми образцами волос (табл. 2).

Погрешность определения концентраций для большинства элементов составила 3–15 %, и лишь для меди — до 35 %.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определены следующие короткоживущие изотопы: Na, Mg, Al, S, Cl, K, Ca, V, Mn, Cu и I. Содержание K и V в более чем 25 % случаев ниже пределов обнаружения, поэтому эти элементы были исключены из статистической обработки.

Результаты статистической обработки полученных данных по содержанию химических элементов в волосах детей Онгудайского района Республики Алтай представлены в табл. 3.

**Таблица 3. Содержание элементов в волосах детей Онгудайского района Республики Алтай (в мг/кг)**

Элемент	Количество образцов	Медиана	Min–Max	25 %	75 %	Среднее	Станд. откл.
Na	186	55,5	13,8–628	34,9	87,7	78,2	84,8
Mg	186	57,6	4,87–302	41,3	86,8	72,2	48,8
Al	186	13,9	4,01–82,1	9,7	22,0	17,7	12,3
S	186	40550	15200–76700	37700	43700	40798	5902
Cl	186	595	17,5–4120	280	1010	757,6	642,8
Ca	186	833,5	260–3400	598	1400	1021,7	599,8
Mn	186	0,9	0,21–16,9	0,53	1,52	1,30	1,5
Cu	186	9,2	4,59–41,2	7,89	10,7	9,7	3,5
I	186	0,17	0,07–6,06	0,13	0,25	0,29	0,6



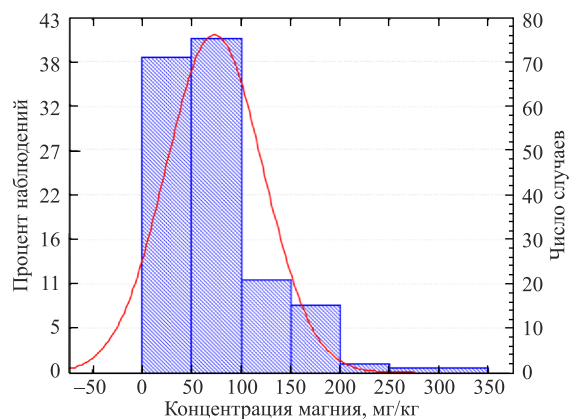


Рис. 3. Гистограмма распределения магния в волосах детей Онгудайского района Республики Алтай

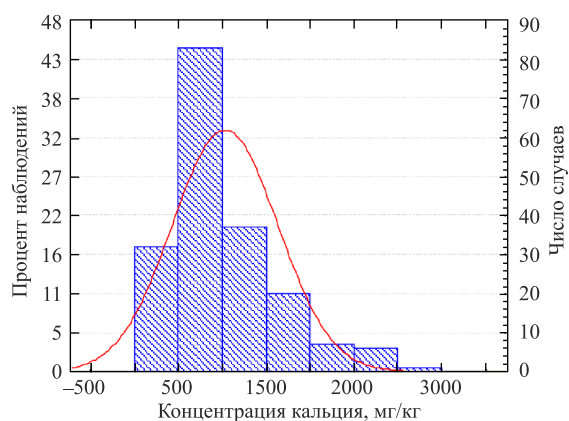


Рис. 4. Гистограмма распределения кальция в волосах детей Онгудайского района Республики Алтай

Для оценки нормальности распределений концентраций изучаемых микроэлементов в волосах детей была проведена проверка с применением критерия Шапиро–Уилка. Полученные результаты не подтверждают гипотезу о нормальности распределения,  $p < 0,05$  для всех элементов. Таким образом, распределение концентраций изучаемых элементов отличается от нормального (рис. 3 и 4), поэтому при анализе элементного состава волос предпочтительнее использовать значения медиан.

Таблица 4. Обобщенные данные по содержанию ряда химических элементов в волосах различных групп населения

Номер работы	Место исследования	Пол/возраст, лет	n	Na	Mg	Al	Ca	Mn	Cu	I
[2]	Ярославская обл., с. Поречье	Мальчики	116	—	—	—	—	Me — 1,1	Me — 12,1	—
		Девочки	188	—	—	—	—	Me — 2,3	Me — 13,9	—
[27]	Тува	Девочки	48	556,4±68,2	108,3±15,7	28,92±2,67	1708,1±202,5	2,26±0,24	9,93±0,29	0,51±0,02
		Мальчики	22	642,4±119,1	75,1±20,8	21,56±1,97	1145,1±270,5	2,04±0,35	9,7±0,46	(n = 70)
	Иркутск	Девочки	39	276,3±39,9	35,5±4,9	21,25±1,89	642,1±73,1	0,58±0,05	8,69±0,32	0,40±0,01
		Мальчики	32	830,8±211,8	25,3±3,54	23,21±2,26	441,8±55,37	0,76±0,08	9,43±0,38	(n = 71)
	Уфа	Девочки	44	340,6±33,6	160,6±13,7	23,71±4,79	3137,9±194,5	2,88±0,63	15,57±1,8	0,41±0,01
		Мальчики	38	429,8±121,9	160,6±13,7	25,31±3,24	691,6±131,4	1,03±0,15	10,8±0,99	(n = 66)
Санкт-Петербург	Девочки	26	348,8±85,5	36,97±6,2	28,09±5,02	470,6±65,09	0,7±0,08	9,33±0,38	0,40±0,02	
	Мальчики	500	289±12	42,6±3,5	—	296±12	0,49±0,01	20,6±0,5	(n = 19)	
[15]	Красноярск	Мальчики/10-16	500	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 4. Продолжение

Номер работы	Место исследования	Пол/ возраст, лет	n	Na	Mg	Al	Ca	Mn	Cu	I
[10]	Архангельская обл., п. Рикасиха, п. Климовская	Пол не указан/ 7-11	44	—	Ме — 17,6	Ме — 8,9	Ме — 210,7	Ме — 0,3	Ме — 9,0	Ме — 0,15
			43		Ме — 40,8	Ме — 8,3	Ме — 318,3	Ме — 0,9	Ме — 8,7	Ме — 0,15
[28]	Ханты-Мансийский АО, ханты	Пол не указан/ средний	394,9±40,6	105,1±8,1	3,5±0,2	432,1±24,5	2,5±0,2	10,0±0,2	0,8±0,05	
			Ме — 285,0	Ме — 73,7	Ме — 3,06	Ме — 358,9	Ме — 2,3	Ме — 9,8	Ме — 0,8	
[11]	Некоренные жители, Сургут	Оба пола/ 12-15	391,4±35,8	122,0±11,2	8,2±0,6	831,1±89,7	2,0±0,2	12,1±0,3	1,3±0,1	
			Ме — 219,4	Ме — 81,2	Ме — 6,5	Ме — 410,2	Ме — 1,2	Ме — 11,2	Ме — 1,0	
[11]	Кемерово Новосибирская обл. Новокузнецк Тюмень, Салехард	Оба пола/ 12-15	25	88±17,6	—	760±152	4,9±0,98	3,8±0,8	—	
			25	73±14,6	—	1400±280	4,2±0,8	21,0±4,2	—	
			25	31±3,0	—	725±144	3,8±0,7	47,5±9,5	—	
			20	105±20,1	—	1400±280	3,6±0,7	26,5±5,3	—	

Таблица 4. Продолжение

Номер работы	Место исследования	Пол/возраст, лет	n	Na	Mg	Al	Ca	Mn	Cu	I
[18]	Рим	Пол не указан/ 3-15	—	—	28,0	10,2	450	0,35	22,1	—
[13]	Краков	Пол не указан/ 1-18	108	—	40,5±32,9 Ме — 29,4	—	—	—	12,0±7,72 Ме — 10,6	—
[29]	Корея	Пол не указан/ 3-6	655	27,14	12,29	8,78	212,47	0,29	15,51	—
[17]	Палермо, Италия	Оба пола/ 11-13	135	—	—	6,16±3,61 Ме — 6,09	—	0,31±0,25 Ме — 0,27	22,9±12,4 Ме — 19,9	—
		Девочки/ 11-13	97	—	—	7,57±2,67 Ме — 7,29	—	0,34±0,27 Ме — 0,31	24,4±12,9 Ме — 20,8	—
		Мальчики/ 11-13	38	—	—	2,30±3,0 Ме — 0,64	—	0,22±0,18 Ме — 0,22	18,9±10,1 Ме — 18,2	—

Приведенные в табл. 3 полученные результаты были соотнесены с данными из соответствующей литературы по концентрациям изучаемых элементов в волосах детей различных этнических и территориальных групп, которые представлены в обобщенной таблице (табл. 4).

Содержание изучаемых элементов в волосах детей Онгудайского района в целом согласуется с данными, представленными в соответствующей литературе.

Особое внимание привлекают только пониженные концентрации йода в волосах обследованных детей. Территория Горного Алтая относится к зонам йодного дефицита, помимо низкого содержания йода в почвах и кормовых растениях об этом свидетельствует распространенность йодной недостаточности и зобной эндемии у животных [24]. Дефицит йода наблюдается и у сельского населения Республики Алтай, распространенность диффузного зоба у детей Онгудайского района отражает тяжелую степень зобной эндемии, причем особенно часто она наблюдается у детей пубертатного возраста [25]. Полученные в настоящей работе результаты также свидетельствуют о понижении содержания йода в волосах и, следовательно, в организме в целом у детей 12–15 лет, что, безусловно, связано с активными процессами роста, развития и созревания детского организма в этот период (рис. 5).

При сравнении содержания изучаемых элементов в волосах детей в зависимости от пола был выявлен ряд достоверных отличий (табл. 5). Сравнение

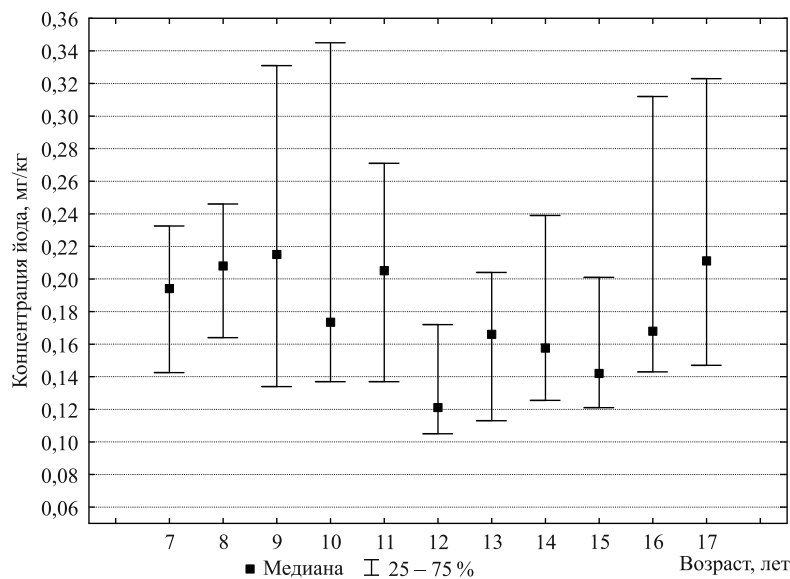


Рис. 5. Медианы концентраций йода в волосах детей Онгудайского района Республики Алтай

**Таблица 5. Содержание элементов в волосах детей Онгудайского района Республики Алтай в зависимости от пола**

Элемент	Пол	Медиана	Min–Max	25 %	75 %	Среднее	Станд. откл.	<i>p</i>
Na	Мальчики	74,5	16,60–515,0	50,1	104,0	99,54	93,9	<0,001
	Девочки	49,55	13,8–628,0	28,7	79,8	69,49	79,5	
Mg	Мальчики	49,1	4,87–168,0	34,70	63,1	52,62	26,9	<0,001
	Девочки	61,65	8,39–302,0	44,8	103,0	80,19	53,4	
Al	Мальчики	20,6	5,94–82,1	12,7	32,4	25,24	17,6	<0,001
	Девочки	12,95	4,01–48,1	8,98	18,1	14,60	7,5	
S	Мальчики	41150	29800–52200	38800	43800	41396	4999	>0,05
	Девочки	39850	15200–76700	37600	43250	40553	6235	
Cl	Мальчики	1020	330,0–4120	817,00	1710	1255,20	694,8	<0,001
	Девочки	389,5	17,5–2380	197,00	732,0	553,97	494,4	
Ca	Мальчики	608,5	260,0–1400	431,00	788,0	646,98	258,9	<0,001
	Девочки	973,5	290,0–3400	684,50	1515	1175	632,0	
Mn	Мальчики	1,1	0,25–3,53	0,54	1,89	1,26	0,798	>0,05
	Девочки	0,82	0,21–16,9	0,53	1,42	1,32	1,7	
Cu	Мальчики	9,15	4,75–15,1	7,76	11,0	9,46	2,2	>0,05
	Девочки	9,25	4,59–41,2	8,10	10,7	9,78	3,9	
I	Мальчики	0,18	0,09–6,06	0,14	0,30	0,46	1,1	>0,05
	Девочки	0,17	0,07–1,92	0,12	0,25	0,22	0,213	

проводилось с применением *U*-критерия Манна–Уитни. Содержание натрия, алюминия и хлора выше в волосах мальчиков по сравнению с девочками, несмотря на значительную разницу в численностях (мальчиков 54, девочек 132). Концентрации магния и кальция достоверно выше у девочек; полученные различия характерны не только для настоящего исследования, но и отмечаются в работах других авторов [27]. Концентрации йода, меди, марганца и серы в волосах мальчиков и девочек примерно одинаковые, различия между полами не достоверны.

Проведенное сравнение содержания изучаемых элементов в волосах детей четырех сел не выявило значительных различий для большинства элементов. В качестве примера можно привести результаты, полученные для меди (рис. 6). Содержание микроэлементов в волосах во всех селах относительно низкое, что согласуется с их содержанием в питьевых водах и растительности [30].

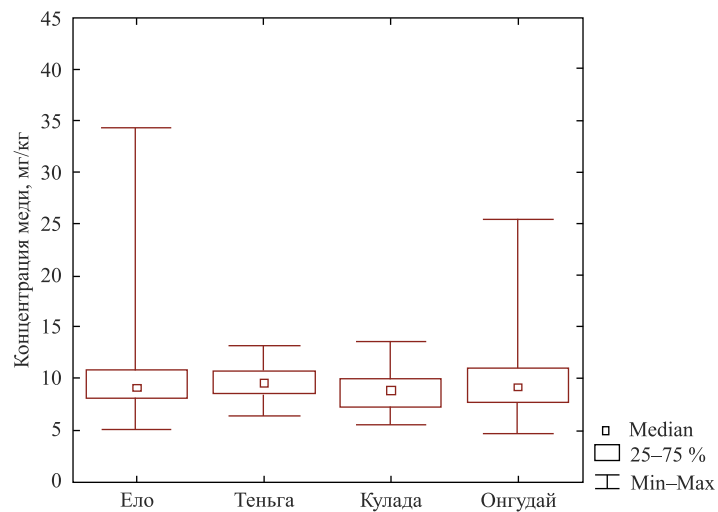


Рис. 6. Содержание меди в волосах детей четырех сел Онгудайского района Республики Алтай

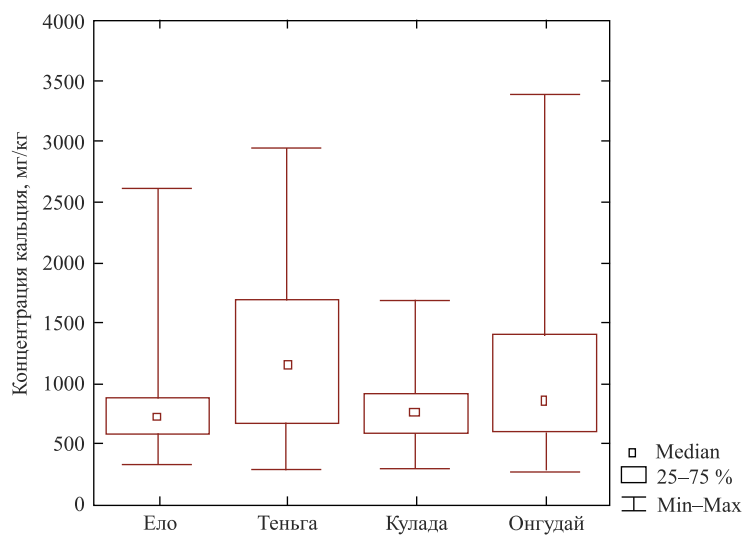


Рис. 7. Содержание кальция в волосах детей четырех сел Онгудайского района Республики Алтай

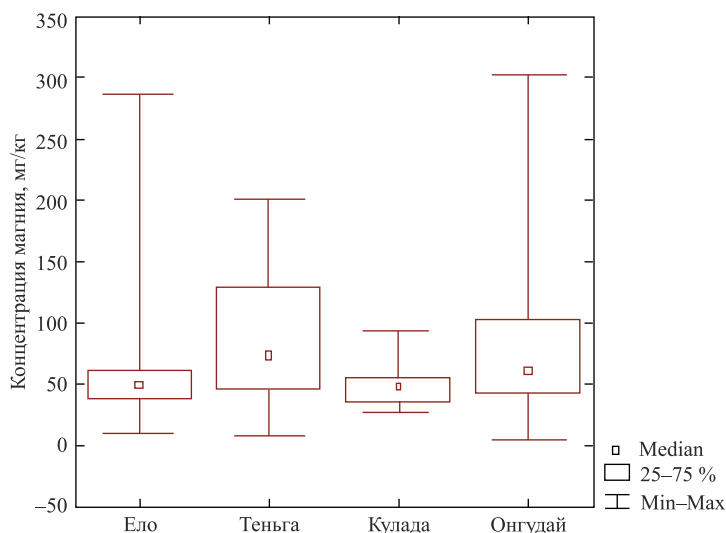


Рис. 8. Содержание магния в волосах детей четырех сел Онгудайского района Республики Алтай

Сравнительный анализ распределения концентраций элементов в волосах по селам показывает, что повышенное содержание кальция и магния соответствует селам с высокой жесткостью и минерализацией питьевых вод. Содержание кальция (рис. 7) и магния (рис. 8) в волосах детей из этих сел (Теньга и Онгудай) было достоверно выше по сравнению с результатами, полученными для детей из сел Ело и Кулада.

Таблица 6. Ранговые корреляции Спирмена между концентрациями элементов в волосах детей Онгудайского района Республики Алтай

	Na	Mg	Al	S	Cl	Ca	Mn	Cu	I
Na	1,00								
Mg	0,11	1,00							
Al	0,08	-0,05	1,00						
S	-0,01	0,05	0,28	1,00					
Cl	0,24	-0,67*	0,37	0,21	1,00				
Ca	0,01	0,83*	-0,18	-0,08	-0,76*	1,00			
Mn	0,17	0,26	0,50	0,04	0,02	0,22	1,00		
Cu	0,29	0,08	0,01	-0,01	-0,01	0,03	0,11	1,00	
I	0,06	-0,07	0,17	0,09	0,24	-0,09	0,18	-0,08	1,00

\*  $p < 0,05$ .



Оценка наличия связей между величинами концентраций различных элементов в волосах выявила ряд достоверных корреляций (табл. 6). Обнаружена достоверная положительная корреляция магния и кальция в волосах, которая наиболее вероятно связана с общей жесткостью питьевых вод. Найденные в настоящем исследовании корреляции аналогичны результатам, полученным для взрослых в работе польских ученых [8]. Помимо этого, региональной особенностью ионного состава вод Онгудайского района в осенний период является гидрокарбонатно-магниевый состав и высокая подвижность хлора. Это отражается в виде обратной корреляции между содержанием в волосах хлора, с одной стороны, и магния и кальция с другой [30].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа является частью обширных комплексных антропоэкологических исследований в Республике Алтай. К настоящему времени дополнительно собраны материалы по морфологии и физиологии детского населения еще в двух районах республики — Кош-Агачском и Майминском. Все три района различаются по климатогеографическим и социально-экономическим факторам, а также по степени «модернизации» традиционного образа жизни. Исследование вариаций концентраций микроэлементов в органах и тканях коренного населения этого региона, установление корреляционной зависимости между уровнем элементов и биологическими характеристиками в изученных популяциях позволят глубже оценить влияние геохимической среды как одного из экологических факторов на организм человека. Используемый в исследовании многоэлементный неструктурный нейтронный активационный анализ является именно тем аналитическим методом, который наиболее адекватно соответствует поставленным задачам.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ, проекты № 12-06-00096-а и № 10-06-00318-а.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Башкин В. Н.* Биогеохимия. М.: Научный мир, 2004. 584 с.
2. *Алексеева Т. И. и др.* Антропоэкология Центральной Азии / Под ред. Т. И. Алексеевой. М.: Научный мир, 2005. 328 с.
3. *Авцын А. П. и др.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1991. 496 с.
4. *Prasad A. S.* Zinc Deficiency in Women, Infants and Children // *J. Am. Coll. Nutr.* 1996. V. 15(2). P. 113–20.
5. *Pittler M. H., Stevinson C., Ernst E.* Chromium Picolinate for Reducing Body Weight: Meta-Analysis of Randomized Trials // *Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord.* 2003. V. 27(4). P. 522–529.

6. *Hambidge K. M.* Assessing the Trace Element Status of Man // *Proc. Nutr. Soc.* 1988. V. 47(1). P. 37–44.
7. *Rahil-Khazen R. et al.* Multi-Element Analysis of Trace Element Levels in Human Autopsy Tissues by Using Inductively Coupled Atomic Emission Spectrometry Technique (ICP-AES) // *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2002. V. 16(1). P. 15–25.
8. *Chojnacka K. et al.* Inter-Relationship between Elements in Human Hair: The Effect of Gender // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 2010. V. 73. P. 2022–2028.
9. *Боев В. М.* Среда обитания и экологически обусловленный дисбаланс микроэлементов у населения урбанизированных и сельских территорий // *Гигиена и санитария.* 2002. № 5. С. 3–8.
10. *Кубасова Е. Д.* Физиологическая характеристика биоэлементного статуса и его влияние на состояние щитовидной железы детей Архангельской области: Автореф. дис. канд. биол. наук. Архангельск, 2007. 18 с.
11. *Гельфонд Н. Е. и др.* Исследование макро- и микроэлементного статуса у детей Западно-Сибирского региона и возможности коррекции путем изменения водно-питьевого режима // *Известия Самарского научного центра РАН.* 2010. Т. 12, № 1(7). С. 1655–1658.
12. *Stephens-Newsham L. G. et al.* Comparison of Elemental Composition of Hair between Osteoporotic and Normal Women by Instrumental Neutron Activation Analysis // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 1987. V. 113(2). P. 495–500.
13. *Lech T.* Lead, Copper, Zinc, and Magnesium Levels in Hair of Children and Young People with Some Disorders of the Osteomuscular Articular System // *Biol. Trace Elem. Res.* 2002. V. 89(2). P. 111–125.
14. *Скальный А. В. и др.* Выявление, коррекция нарушений обмена макро- и микроэлементов. Методические рекомендации № 41. Правительство Москвы. М., 2000.
15. *Климацкая Л. Г. и др.* Эколого-биологический мониторинг минерального статуса организованных учащихся города Красноярска // *Бюлл. СО РАМН.* 2003. № 3(109). С. 78–83.
16. *Batzevich V.* Hair Trace Element Analysis in Human Ecology Studies // *Sci. Tot. Environ.* 1995. V. 164(2). P. 89–98.
17. *Dongarra G. et al.* Concentration and Reference Interval of Trace Elements in Human Hair from Students Living in Palermo, Sicily (Italy) // *Environmental Toxicology and Pharmacology.* 2011. V. 32. P. 27–34.
18. *Senofonte O., Violante N., Caroli S.* Assessment of Reference Values for Elements in Human Hair of Urban Schoolboys // *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2000. V. 14(1). P. 6–13.
19. *Farnum J. F. et al.* Trace Elements in Ancient Human Bone and Associated Soil Using NAA // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 1995. V. 196(2). P. 267–274.
20. *Mankovska B. et al.* Regional Variation in Environmental Element Concentrations in Slovakia Derived from Analysis of Roe Deer Teeth (*Capreolus capreolus* L.) // *Ekologia (Bratislava).* 2012. V. 31(2). P. 138–149.
21. *Cho S. Y., Awh O. D.* Trace Element Exposure in Men by Instrumental Neutron Activation Analysis of Hair // *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 1997. V. 1, No. 217(1). P. 107–109.

22. *Ельчинова О. А.* Биогеохимические аспекты экологической оценки наземных экосистем Алтая. Барнаул: Изд-во АГУ, 2009. 142 с.
23. *Дмитриев А. Ю., Павлов С. С.* Автоматизация количественного определения содержания элементов в образцах методом нейтронного активационного анализа на реакторе ИБР-2 в ЛНФ ОИЯИ // Письма в ЭЧАЯ. 2013. Т. 10, № 1(178). С. 58–64.
24. *Мальгин М. А.* Дефицит йода в пищевых цепях Горного Алтая и его последствия // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. № 9. С. 555–566.  
Определение химических соединений в биологических средах. Методы контроля. Химические факторы: Сборник методических указаний МУК 4.1.763-4.1.779-99 / Сост.: Н. В. Зайцева с соавт. МЗ России. М., 2000. С. 120–127.
25. *Маклакова Т. П.* Заболевания щитовидной железы у коренного населения Республики Алтай: эпидемиологические, клинические, гормонально-метаболические и профилактические аспекты: Автореф. дис. . . д. м. н. Новокузнецк, 2011. 47 с.
26. *Бацевич В. А., Ясина О. В., Анциферова С. В.* Возрастная и половая изменчивость содержания микроэлементов в волосах детей в экологических условиях Ярославской области // Экология человека: от прошлого к будущему. Научные труды МНЭПУ. Сер.: Экология. М., 2001. Вып. 1. С. 222–236.
27. *Вельданова М. В., Скальный А. В.* Многоэлементный анализ волос детей из эндемичных по зубу регионов России // Медицинский научный и учебно-методический журнал. 2001. № 2. С. 132–141.
28. *Корчина Т. Я.* Сравнительный анализ макро- и микроэлементного состава волос у детей коренного и некоренного населения Тюменского Севера // Вестн. Оренбургского государственного университета. 2008. № 12. С. 108–111.
29. *Park H. S., Shin K. O., Kim J. S.* Assessment of Reference Values for Hair Minerals of Korean Preschool Children // Biol. Trace Elem. Res. 2007. V. 116(2). P. 119–130.
30. *Авессаломова И. А., Козырева М. С., Самойлова Г. С.* Эколого-геохимическая оценка природных вод в бассейне Урсула (Центральный Алтай) // Мир науки, культуры, образования: Международный научный журнал. 2011. № 3. С. 12–17.

Получено 24 октября 2012 г.

Редактор *А. И. Петровская*

Подписано в печать 20.03.2013.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,25. Уч.-изд. л. 1,49. Тираж 225 экз. Заказ № 57947.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований  
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: [publish@jinr.ru](mailto:publish@jinr.ru)

[www.jinr.ru/publish/](http://www.jinr.ru/publish/)