



УДК 61

DOI: 10.25514/CHS.2021.1.19013

Изучение накопления радиоактивных элементов в волосах школьников, употреблявших воду, загрязненную радионуклидами

*Г. Р. Тойчueva¹, Э. Т. Тостоков¹, Т.Р. Пайзилдаев¹, Л. В. Жилова¹,
Р. М. Тойчueв¹✉, Ж. А. Мадыкова¹*

¹Институт медицинских проблем Южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики, г. Ош, Кыргызская Республика, e-mail: impnankr@gmail.com

Поступила в редакцию: 11.02.2021 г.; после доработки: 10.05.2021 г.; принята в печать: 14.05.2021 г.

Аннотация – Приведены результаты обследования 306 детей в возрасте 12–16 лет на определение накопления тяжелых металлов в волосах. В I группу вошли 167 обследованных школьников (79 мальчиков и 88 девочек), которые регулярно употребляли воду, загрязненную радионуклидами. II (контрольную) группу составили 139 обследованных школьников (69 мальчиков и 70 девочек), употреблявших не содержащую радионуклидов воду из медленно текущего канала, где тяжелые металлы могут осаждаться на дне канала. Проведен сравнительный анализ содержания в волосах школьников 26 химических элементов (U, Th, Sr, Sc, Rb, La, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Ba, Ni, Na, Zn, Hg, Ag, Au, Se, I, Br, Cl, Mn, Sb). Данные по содержанию микроэлементов в волосах получены с помощью нейтронно-активационного метода. Показано, что в группе школьников, регулярно употреблявших воду, загрязненную радионуклидами, содержание в волосах урана и тория выше установленной нормы в 2,8 и 1,5 раза соответственно. По сравнению с контрольной группой содержание радионуклидов превышает: урана в 4 раза, тория в 6,5 раз и стронция в 8,9 раз соответственно. Превышение содержания урана выявлено в 98,2%, тория - в 18%, стронция - в 17,4% случаев соответственно.

Ключевые слова: уран, торий, вода, загрязнение, радионуклиды, школьники.

Chemical hazard sources. Hazardous chemical substances

UDC 61

DOI:10.25514/CHS.2021.1.19013

Study of radioactive elements accumulation in the hair of high-school children who consumed radionuclide polluted water

*Gulnara R. Toichueva¹, Erkin T. Tostokov¹, Timur R. Paizildaev¹,
Lyudmila V. Zhilova¹, Rakhmanbek M. Toichuev¹✉ and Zhanyl A. Madykova¹*

¹Institute of Medical Problems, South Branch of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Osh, Kyrgyz Republic, e-mail: impnankr@gmail.com

Received: February 11, 2021; Revised: May 10, 2021; Accepted: May 14, 2021

Abstract – The article provides data of a survey of 306 children aged 12-16 years to determine the accumulation of heavy metals in their hair. Group I consisted of 167 surveyed schoolchildren (79 boys and 88 girls), who regularly used water polluted with radioactive nuclides. Group II (control group) comprised 139 surveyed schoolchildren (69 boys and 70 girls) who consumed radionuclide-free water from a slowly flowing canal where heavy metals may deposit on the bottom of the canal. Comparative analysis of the content of 26 chemical elements (U, Th, Sr, Sc, Rb, La, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Ba, Ni, Na, Zn, Hg, Ag, Au, Se, I, Br, Cl, Mn, Sb) in the hair of schoolchildren was carried out. Data on the content of trace elements in hair were obtained using the neutron activation method. It was shown that in the group of schoolchildren who consumed water contaminated with radionuclides, the content of uranium and thorium in the hair was 2.8 and 1.5 times higher than the established norm, respectively. Compared to the control group, the content of radionuclides exceeds: uranium by 4 times, thorium by 6.5 times and strontium by 8.9 times, respectively. The excess of uranium content was revealed in 98.2%, thorium - in 18%, strontium - in 17.4% of cases, respectively.

Keywords: uranium, thorium, water, pollution, radioactive nuclides, schoolchildren.

ВВЕДЕНИЕ

В Кыргызской Республике (КР) проблемы с радиацией и радионуклидами начались с 1899 года, когда велась геологическая разведка Туя-Моюнского месторождения, расположенного на юге Киргизии в Южной Фергане, в предгорьях Алайского хребта в 30 км на юго-западе от областного города Ош. В Туя-Моюнском месторождении были также обнаружены редкие природные радиоактивные элементы, в том числе и радий [1–8].

В последующем на территории КР в Джалал-Абадской области в 1933 г. было открыто Майлуу-Сууйское месторождение урана, промышленная добыча производилась в 1946–1968 гг., остались 23 хвостохранилища, 16 отвалов общим объемом 3,0 млн м³. Другие месторождения: Шакафтарское, разрабатывалось с 1946 по 1957 гг. – 8 отвалов, объемом 0,7 млн м³, Майлы-Сайское (Кызыл-Жар 12), в Нарынской области - Мин-Кушское, годы разработки – 1958-1969 гг., на территории расположены 4 хвостохранилища и 4 отвала, общим объемом 0,96 млн м³. В Ысык-Кульской области находится Каджы-Сайское месторождение, которое разрабатывалось в период с 1952 по 1966 гг. Там находится 1 отвал объемом 0,4 млн м³. Ак-Тюзское месторождение расположено на территории Чуйской области, там расположены 4 хвостохранилища общим объемом 5,0 млн м³ [9]. В данное время на территории Кыргызстана размещено 72 объекта складирования радиоактивных отходов (РАО) горнорудной промышленности. Общий объем РАО = 132 млн. м³, занимаемая площадь 6 214 000 м² (621 Га). Урановые хвостохранилища (Майлуу-Суу – 23; Каджисай – 1; Мин-Куш – 3; Кара-Балта – 1) содержат радионуклиды уранового ряда, суммарная активность ≈ 130 тыс. Кюри. Кроме того, в Майлуу-Сууйском месторождении, в отличие от других месторождений по содержанию урана богатые от 0,2-0,5% до 20% и очень богатые от 0,5% и выше составляли до 5% всех запасов урана [8], т.е. высокотоксичные радионуклиды были в большом количестве. Эти отходы до сих пор дают о себе знать, так как полностью не захоронены [9].

Наиболее проблематичным является Майлуу-Сууйское месторождение, его отвалы и хвостохранилища расположены вдоль берега одноименной реки, некоторые из них внутри жилых кварталов города. Кроме того, в этой зоне с 1944 года произошло более 250 оползней, в том числе, со смывом урановых хвостохранилищ и отвалов [10]. Из них наиболее опасным был оползень, произошедший в 1958 году вследствие аварийного разуплотнения дамбы хвостохранилища, в реку Майлуу-Суу было выброшено и смыто до 600 тыс. м³ радиоактивно опасных веществ, распространившихся по руслу реки через территорию Кыргызстана в сторону густонаселенной Ферганской долины [11]. Что представляет существенную опасность распространения радионуклидов водным путем по пойме реки Майлуу-Суу, далее по Сыр-Дарье по всей Центральной Азии.

Эта проблема требует поиска оптимальных высокоинформативных методов исследования для оценки опасности загрязнения окружающей среды как в плане развития патологий, так и с целью разработки способов защиты населения от радиационной опасности.

В последние годы одним из способов выявления загрязнения окружающей среды является определение содержания различных микроэлементов в волосах человека [12, 13]. В медицинских целях волосы уже пытались использовать в качестве инструмента диагностики [14] и для разработки методов лечения различных патологий [15]. В отличие от анализов крови и мочи, в волосах происходит концентрирование микроэлементов [12, 16, 17] что дает возможность получить информацию с учетом уровня и времени воздействия этих элементов на человека. Для этих целей наиболее подходящим признан высокоинформативный нейтронно-активационный метод исследования волос, с помощью которого можно одновременно определять значительные концентрации накопившихся элементов за определенный период в различных образцах волос с исключительно высокой точностью [12, 18].

Таким образом, элементный состав волос человека является весьма информативным признаком элементной нагрузки на организм человека [19–21].

Исходя из выше изложенного, целью работы явилось изучение содержания тяжелых металлов и радионуклидов в волосах школьников старших классов, регулярно употреблявших воду, загрязненную естественными радионуклидами, для дальнейшей разработки способов профилактики и лечения заболеваний.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для обследования были отобраны 306 школьников (учащиеся с 5 по 11 классы средних школ) в возрасте от 12 до 16 лет, с учетом возрастных гормональных особенностей. Школьники с рождения проживали ниже г. Майлуу-Суу (сельская управа Бурганды Ноокенского района Жалал-Абадской области Кыргызской Республики) в 6 – 20 км вдоль поймы реки Майлуу-Суу, проходящей через урановую зону, где с 1946 по 1968 гг. добывался уран и где находятся 13 отвалов и 23 хвостохранилища общим объемом радиоактивных хвостов 3,0 млн м³, что в массе превышает 5 млн тонн.

I-ую группу составили 167 детей из числа населения, которое из-за отсутствия чистой водопроводной воды, употребляет воду, взятую из реки Майлуу-Суу. Из обследованных детей этой группы, мальчики в жаркое время года регулярно купаются в этой реке, т.е. в воде, загрязненной естественными высокотоксичными радионуклидами: ураном, торием, стронцием. Во II-ую (контрольную) группу вошли 139 школьников, проживающих в той же сельской управе, но с водоснабжением из другого, безрадионуклидного источника: из медленно текущего Ферганского канала, берущего начало из реки Нарын, в котором происходит осаждение солей тяжелых металлов на дне канала.

В I группе из 167 обследованных школьников, мальчиков было 79, девочек – 88. Во II (контрольной) группе из 139 обследованных школьников, мальчиков было 69, девочек – 71, т.е. исследуемые группы сопоставимы (рис. 1).

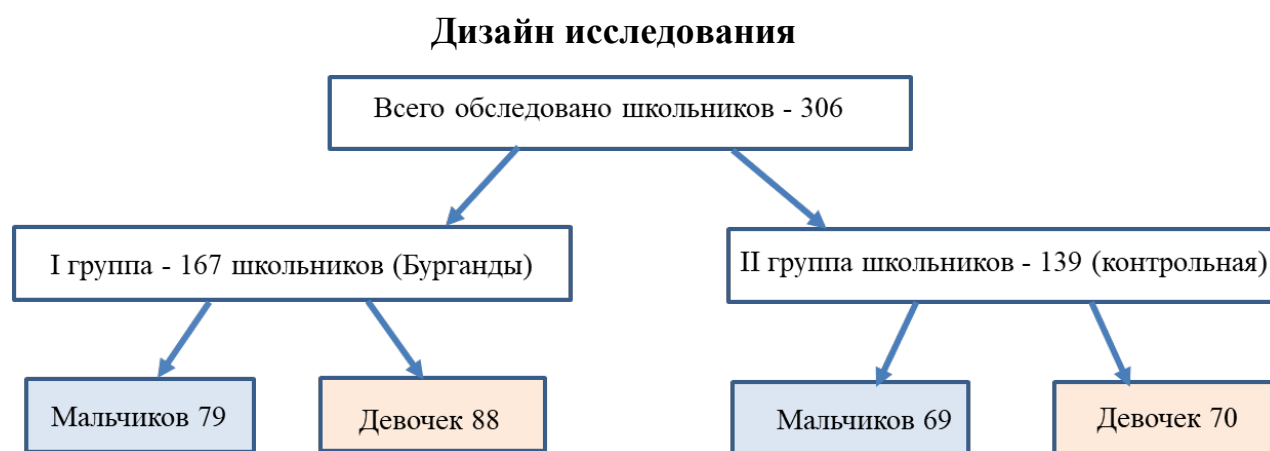


Рис. 1. Схема проведения исследования.

Fig. 1. Scheme of the study.

Отбираемые школьники осматривались врачами педиатрами, эндокринологами, невропатологами, инфекционистами, кардиологом, онкологом, ЛОР врачами, стоматологами, девочки – еще и гинекологами. Учитывая тот факт, что Кыргызстан отдален от морей и относится к очагам эндемического зоба, наиболее чувствительным органом к радиации у жителей страны является щитовидная железа (ЩЖ) [22], которая, кроме того, участвует в формировании интеллекта. Поэтому для выявления патологии щитовидной железы были проведены клинические и ультразвуковые исследования (УЗИ) щитовидной железы.

Отобранные школьники – это относительно здоровые дети, находящиеся в сопоставимых условиях питания, воспитания и медицинского обслуживания. Выборка состояла из числа отобранных детей изучаемой возрастной группы, родители которых согласились на обследование. Имеется заключение этической комиссии.

Согласно рекомендациям МАГАТЭ, волосы для анализа состригали ножницами с 3–5 мест затылочной части головы. Длина волос от корневой части до дистальной составляла 2–4 см. Образцы волос дважды отмывали в

ацетоне, сушили на воздухе, взвешивали на аналитических весах по 70–80 мг и упаковывали в чистые маркированные пакеты.

Всего проанализировано 306 образцов волос. Процедура отбора, подготовка исследуемых объектов и выполнение нейтронно-активационного анализа волос и воды подробно описана в работе [20].

Статистическая обработка данных. Для проведения статистического анализа составлена база данных в программе Microsoft Excel с пакетом стандартных офисных программ Microsoft 2000 и путем вычисления медианной величины, риска и достоверности. Произведены расчеты относительного риска заболеваемости щитовидной железы с применением программы, размещенной на сайте MedCalc's Odds ratio calculator <http://www.medcalc.org/calc/odds-ratio.php>



Рис. 2. Расположение горнорудных отходов на территории КР. Карта, составлена МЧС и дополнена авторами.

Fig. 2. Location of mining waste on the territory of the Kyrgyz Republic. The map was compiled by the Ministry of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic and supplemented by the authors of the present paper.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нейтронно-активационным методом в волосах определены 26 микроэлементов, в том числе, из числа радионуклидов: уран-92, торий, стронций-90; кобальт-27, скандий, лантан (табл. 1).

1. Содержание микроэлементов в волосах школьников из I группы

В I группе у 167 школьников старших классов, проживающих в сельской управе Бурганды, Ноокенского района Жалал-Абадской области и употреблявших воду, загрязненную радионуклидами, содержание микроэлементов в волосах сравнивалось с установленной и обоснованной в работе [23] нормой – ПДК (предельно допустимая концентрация радионуклидов и токсичных элементов, т.е. концентрация, не представляющая

вреда для организма) для школьников Ферганской долины. Полученные данные приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что у школьников, употреблявших воду, загрязненную радионуклидами, наблюдалось превышение нормы (ПДК) урана в 2,8 раза и тория в 1,6 раза.

Содержание натрия, кальция, железа, никеля, цинка, селена, брома, серебра, кадмия, сурьмы, стронция, йода и золота было обнаружено в пределах ПДК.

Таблица 1. Содержание микроэлементов в волосах у 167 школьников I группы в возрасте 12–16 лет, употреблявших воду, загрязненную радионуклидами

Table 1. Trace element content in the hair of 167 schoolchildren aged 12–16 (Group I) who consumed water contaminated with radioactive nuclides

№	Элементы	Норма (ПДК) содержания в волосах, мкг/г [23]	I группа (мальчики-79+девочки-88=167)					P****<
			M*	max	min	m**	δ***	
1	U*****	0,02	0,056066±0,0	0,51	0, 01	0,00	0,00	0,001
2	Th*****	0,01	0,016103±0,0	0,09	0,00	0,00	0,00	
3	Sr*****	10-20	13,34±3,33	38,00	10,00	3,33	2,16	
4	I*****	0,1-1,0	0,6157±0,03	20,50	0,10	0,03	0,02	
5	Sc	0,07-0,15	0,01±0,0	0,09	0,00	0,00	0,00	
6	Co	0,06-0,12	0,03±0,0	0,13	0,01	0,00	0,00	
7	Rb	1,0-3,5	0,55±0,13	2,50	0,40	0,13	0,09	
8	Na	400-900	818,44±18,67	7700,00	56,00	18,67	12,12	
9	K	800-1500	368,71±16,67	5200,00	50,00	16, 0	10,82	
10	Cr	0,35-1,0	0,27±0,0	1,70	0,01	0,00	0,00	
11	Fe	20-50	29,30±2,33	148,0	7,00	2,33	1,52	
12	Ni	5-15	5,00±1,67	5,00	5,00	1,67	1,08	
13	Cu	15-25	7,57±0,83	92,00	2,50	0,83	0,54	
14	Zn	150-200	166,13±27,50	309,00	82,50	27,50	17,86	
15	Ag	0,1-0,2	0,21±0,03	13,10	0,10	0,03	0,02	
16	Cd	0,03-0,15	0,03±0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	
17	La	0,1-0,2	0,06±0,01	0,26	0,02	0,01	0,00	
18	Au	0,025-0,075	0,04±0,00	0,38	0,01	0,00	0,00	
19	Hg	0,1-0,35	0,04±0,00	0,16	0,01	0,00	0,00	
20	Ba	1,0-5,0	15,68±0,33	1700,00	1,00	0,33	0,22	
21	Cl	1200-2300	2694,00±50,0	15800,0	150,00	50,00	32,47	
22	Ca	1000-1500	1364,65±83,33	9055,0	250,00	83,33	54,11	
23	Mn	0,35-1,0	1,66±0,13	7,90	0,39	0,13	0,08	
24	Se	0,35-1,0	0,40±0,03	0,67	0,10	0,03	0,02	
25	Br	1,0-3,5	1,18±0,07	5,50	0,21	0,07	0,05	
26	Sb	0,1-0,3	0,22±0,01	1,43	0,03	0,01	0,01	

*M – средняя концентрация содержания микроэлементов в волосах обследованных школьников, мкг/г.

**m – стандартное отклонение средней арифметической (стандартная ошибка средней), рассчитывается как квадратный корень из дисперсии.

***δ – среднеквадратическое отклонение.

****P – степень достоверности.

*****Элементы, которые оказывают наибольшее воздействие на щитовидную железу.

Из числа других элементов выше ПДК было содержание хлора, превышая концентрацию верхней границы нормы в 1,2 раза. Возможно, что такая картина связана с тем, что в г. Майлуу-Суу и у населения, проживающего вдоль поймы реки Майлуу-Суу, с 1997 года по настоящее время регистрируется брюшной тиф (водный путь заражения), поэтому речная вода постоянно хлорируется. Превышение нормы содержания марганца составило в 1,66 раза, а бария - более чем в 3 раза.

Ниже установленной нормы (ПДК) оказалось содержание калия, меди, скандия кобальта, рубидия, лантана, ртути и хрома. Степень достоверности (Р) для всех элементов была $< 0,001$.

2. Содержание элементов, которые оказывают наибольшее воздействие на щитовидную железу

Из числа приведенных выше элементов наибольшее воздействие на щитовидную железу оказывают йод, уран, торий и стронций, поэтому на них необходимо остановиться более подробно.

Результаты по йоду. В I группе содержание йода в волосах соответствовало установленному нормативу (ПДК) у 149 школьников, что составило 89,22%. Максимальная концентрация в 20 раз выше установленной нормы наблюдалась у 18 обследованных школьников, что составило 10,78%.

Результаты по урану. Содержание урана в волосах мальчиков и девочек не выше ПДК выявлено только у троих, что составило 1,8%. Превышение концентрации выше нормы в 2,8 раза выявлено у 164 школьников, что составило 98,2%. Из них концентрация выше 0,05 мкг/г выявлена у 15,85%, из них концентрация от 0,05 мкг/г до 0,06 мкг/г была обнаружена у 3,05%. При превышении концентрации урана свыше 0,06 мкг/г, т.е. при трехкратном превышении, выявлено увеличение щитовидной железы у 12,8% школьников.

Уран у мальчиков (из 79-ти) был обнаружен у 27,84% и у девочек из 88-ми у 12,5%. Из 79 мальчиков содержание урана свыше 0,05 мкг/г обнаружено у 20%, свыше 0,06 мкг/г у 17,9%. Из 88 девочек у 11% содержание урана свыше 0,05 мкг/г, из них свыше 0,06 мкг/г – у 7,95%.

Результаты по торию. Торий из 79 мальчиков найден у 19,0%, из 88 девочек у 12,5%. Возможно, торий на коже мальчиков задерживается больше. Выявление содержание урана выше ПДК у 98,2% по сравнению с торием у 17,96%, по-видимому, связано с тем, что в водной среде содержание урана было выше, чем содержание тория.

Торий в волосах из 167 школьников не выше ПДК до 0,01 мкг/г выявлен у 82,03%, выше установленной нормы у 17,96 %, из них с 0,01 до 0,015 мкг/г было у 2,39%. У всех школьников, у которых содержание тория в волосах было свыше 0,015 мкг/г т.е. превышение в 1,6 раза, выявлено увеличение щитовидной железы, таких было 26 случаев, т.е. 15,57%.

Из этих 26 случаев мальчиков с содержанием тория в волосах свыше 0,015 мкг/г было выявлено 19,0%, девочек - 12,5%. Более высокий процент среди мальчиков по сравнению с девочками связан с тем, что, несмотря на запрещение купаться в загрязненной радионуклидами речной воде, в жаркое

время года мальчики регулярно купались. Это сыграло роль «сближения» соотношения заболеваемости зубом между мальчиками и девочками, составляя 1:1,5 [24] и 1:1,7 против экологически чистых зон той же местности, где соотношение 1:4,1 [25].

Результаты по стронцию. Содержание стронция в пределах ПДК 10-20 мкг/г было у 82,63%, выше нормы более 20 мкг/г – у 17,36% школьников. Из 167 детей ниже нормы 5-10 мкг/г стронций был у 35,33%, 10-20 мкг/г – у 47,3%. Но корреляции патологии щитовидной железы с превышением нормы стронция не выявлено.

3. Содержание микроэлементов в волосах школьников из II группы

В таблице 2 приведены те же показатели для контрольной группы II.

Таблица 2. Содержание микроэлементов в волосах 139 школьников в возрасте 12-16 лет контрольной группы II, употреблявших безрадионуклидную воду

Table 2. Trace element content in the hair of 139 schoolchildren aged 12-16 (Group II - control), who consumed radionuclide-free water

№	Элементы	Норма (ПДК) содержания в волосах, мкг/г [23]	Группа II мальчики – 69 + девочки – 70=139					
			М, мкг/г	max	min	m	δ	P <
1	U*	0,02	0,0138±0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,001
2	Th*	0,01	0,0024756 ±0,0	0,01	0,00	0,00	0,00	
3	Sr*	10-20	1,49±0,67	10,00	1,00	0,33	0,22	
4	I*	0,1-1,0	0,345748 ±0,03	1,10	0,10	0,03	0,02	
5	Sc	0,07-0,15	0,01±0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	
6	Co	0,06-0,12	0,023±0,00	0,046	0,01	0,00	0,00	
7	Rb	1,0-3,5	0,46 ±0,13	2,50	0,40	0,13	0,09	
8	Na	400-900	955,73±60,0	5660,0	180,00	60,00	38,96	
9	K	800-1500	440,35±16,67	2250,0	50,00	16,67	10,82	
10	Cr	0,35-1,0	0, 72± 0,0	1,70	0,01	0,00	0,00	
11	Fe	20-50	28,22±2,33	68,00	7,00	2,33	1,52	
12	Ni	5-15	0,75 ±1,67	5,00	5,00	1,67	1,08	
13	Cu	15-25	5,65±0,63	9,00	2,50	0,43	0,34	
14	Zn	150-200	68,06±17,50	109,00	22,50	7,50	5,86	
15	Ag	0,1-0,2	0,11±0,03	0,60	0,10	0,03	0,02	
16	Cd	0,03-0,15	0,073±0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	
17	La	0,1-0,20	0,16±0,00	0,24	0,01	0,00	0,00	
18	Au	0,025-0,075	0,13±0,00	0,20	0,01	0,00	0,00	
19	Hg	0,1-0,35	0,024±0,00	0,16	0,01	0,00	0,00	
20	Ba	1,0-5,0	17,90±0,33	1700,0	1,00	0,33	0,22	
21	Cl	1200-2300	1354,18±20,0	5120,0	60,00	20,00	12,99	
22	Ca	1000-1500	1264,60±83,3	9055,0	250,00	83,33	54,11	
23	Mn	0,35-1,0	1,58±0,13	6,70	0,39	0,13	0,08	
24	Se	0,35-1,0	0,42±0,03	0,67	0,10	0,03	0,02	
25	Br	1,0-3,5	1,21±0,07	4,70	0,21	0,07	0,05	
26	Sb	0,1-0,3	0, 42±0,01	1,43	0,03	0,01	0,01	

*Элементы, которые оказывают наибольшее воздействие на щитовидную железу.

Во II группе школьников, употреблявших безрадионуклидную воду, было выявлено содержание выше нормы (ПДК) бария более чем в 3 раза и марганца в 1,5 раза.

Ниже нормы было содержание скандия, кобальта, меди, цинка, калия, рубидия и ртути, $P < 0,001$. Из них наиболее низким было содержание стронция – в 6,7 раз ниже нормы.

Содержание йода, урана, тория и стронция, влияющих на работу щитовидной железы. В норме содержание йода было у 97,84%, выше нормы – у 2,16% школьников. Содержание урана и тория выше нормы не выявлено. Стронций у всех был ниже или равен нижней границы нормы (10 мкг/г).

Другие элементы были в пределах нормы. Такая картина, возможно, связана с осаждением микроэлементов на дне канала из-за медленного течения.

4. Сравнительные данные содержания микроэлементов в волосах у школьников I и II группы

Сравнительные данные содержания микроэлементов в волосах у школьников в возрасте от 12 до 16 лет I-ой и II-ой группы (306 школьников) и соответствие их установленному нормативу для детей Ферганской долины [23] приведены в таблице 3.

Таблица 3. Сравнительные данные достоверности содержания микроэлементов в волосах у школьников в возрасте от 12 до 16 лет I и II группы (306 школьников)

№	Элементы	Норма (ПДК) содержания в волосах, мкг/г [23]	Группа		P<
			I – 167 школьников М, мкг/г	II – 139 школьников М, мкг/г	
1	U*	0,02	0,056066±0,00	0,0138±0,00	0,001
2	Th*	0,01	0,016103±0,00	0,0024756 ±0,0	
3	Sr*	10-20	13,34±3,33	1,49±0,67	
4	I*	0,1-1,0	0,61±0,03	0,345748 ±0,03	
5	Sc	0,07-0,15	0,01±0,00	0,01±0,00	
6	Co	0,06-0,12	0,03±0,00	0,023±0,00	
7	Rb	1,0-3,5	0,55±0,13	0,46 ±0,13	
8	Na	400-900	818,44±18,67	955,73±60,0	
9	K	800-1500	368,71±16,67	440,35±16,67	
10	Cr	0,35-1,0	0,27±0,00	0, 72± 0,0	
11	Fe	20-50	29,30±2,33	28,22±2,33	
12	Ni	5-15	5,00±1,67	0,75 ±0,067	
13	Cu	15-25	7,57±0,83	5,65±0,83	
14	Zn	150-200	166,13±27,50	68,06±27,50	
15	Ag	0,1-0,2	0,21±0,03	0,11±0,03	
16	Cd	0,03-0,15	0,03±0,01	0,073±0,01	
17	La	0,1-0,2	0,06±0,01	0,16±0,00	
18	Au	0,025-0,075	0,04±0,00	0,13±0,00	
19	Hg	0,1-0,35	0,04±0,00	0,024±0,00	
20	Ba	1,0-5,0	15,68±0,33	17,90±0,33	
21	Cl	1200-2300	2694,00±50,00	1354,18±20,0	
22	Ca	1000-1500	1364,65±83,33	1264,60±83,3	
23	Mn	0,35-1,0	1,66±0,13	1,58±0,13	
24	Se	0,35-1,0	0,40±0,03	0,42±0,03	
25	Br	1,0-3,5	1,18±0,07	1,21±0,07	
26	Sb	0,1-0,3	0,22±0,01	0, 42±0,01	

*Элементы, которые оказывают наибольшее воздействие на щитовидную железу

В обеих группах содержание марганца и бария было выше установленной нормы: марганца в 1,5 раза и бария – более, чем в три раза.

В I группе выше нормы выявлены I, U, Sr и Th, соответственно в процентах у 10,78%, 98,2%, 17,96% и 17,36% школьников, в то же время во II группе выше нормы выявлен только йод у 2,16% т.е. в 5 раз меньше по сравнению с I группой.

Из таблицы 3 видно, что, при сравнении обеих групп содержание I, U, Sr и Th в I группе выше, чем во II группе: йода – в 1,7 раз, U – в 4 раза, Sr – в 8,9 раз и Th в 6,5 раз.

В урановой биогеохимической зоне одним из главных источников радиации и радионуклидов для людей являются урановые хвостохранилища, отвалы и загрязненная радионуклидами вода. Наиболее высокая концентрация в речной воде обнаружена во время осадков и смыва почвы селевыми потоками, поэтому в это время населению необходимо воздержаться от забора воды для бытовых нужд из реки Майлуу-Суу.

5. Современные исследования содержания микроэлементов и радионуклидов в воде реки Майлуу-Суу и Ферганского канала

Для выявления источника загрязнения волос радионуклидами была исследована употребляемая вода, взятая из реки Майлуу-Суу из тех мест, где проживали школьники из I группы.

Для анализов брали образцы воды из разных точек, с учетом употребления воды школьниками из реки Майлуу-Суу:

- из быстро текущего канала, отходящего от реки Майлуу-Суу, в том числе, после паводков и оползней,
- из колодца,
- из водопровода, получающего воду из артезианской скважины, расположенной ниже урановых зон.

Для контроля брали образцы воды из Ферганского канала, которую употребляли школьники из II группы, из 3 точек: в начале, середине и конце населенных пунктов.

Во всех пробах воды из реки Майлуу-Суу выявлены высокотоксичные радионуклиды:

- уран – от 3,46 до 15,0 мкг/л;
- торий – от <0,01 до 0,025 мкг/л,
- стронций – до 4260 мкг/л.

Концентрация радионуклидов в воде после оползневых процессов и дождей резко увеличивается.

Было отобрано 3 пробы воды из Ферганского канала на содержание микроэлементов. Результаты исследований показали содержание:

- урана $1,3 \pm 0,07$ мг/л,
- стронция 340 ± 14 мг/л,
- торий не обнаружен.

Из полученных результатов видно, что из значимых элементов в воде из Ферганского канала торий не обнаружен, а концентрация урана в три раза ниже

и стронция до 12 раз ниже, чем в воде из реки Майлуу-Суу. Это отражается в значительно более низком содержании этих элементов в волосах школьников из II группы (контрольной группы).

6. Сравнение содержания в волосах значимых микроэлементов у школьников из I группы с литературными источниками

В таблице 4 представлены литературные данные по содержанию значимых микроэлементов и радионуклидов в волосах жителей.

Таблица 4. Литературные данные по содержанию значимых микроэлементов и радионуклидов в волосах жителей

Table 4. Literature data on significant trace element and radioactive nuclide content in the hair

№	Элемент	Содержание в волосах, мкг/г 2004 [29]				
		Местность				
		г. Майлуу-Суу (18)*	Сумсар (16)*	Чаркесар (18)*	Чадак (18)*	Ташкентская обл. 2015 [32]
1	Co	0,03	0,05	0,18	0,57	0,20±0,038
2	U	0,02	0,01	0,32	0,26	0,011±0,016
3	Sr	2,20	1,42	12,09	6,27	-
4	Th	0,01	0,02	0,20	0,12	-

*Количество обследованных жителей

Из таблицы 4 видно, что содержание значимых элементов кобальта, урана, стронция и тория в волосах школьников, употреблявших воду, загрязненную радионуклидами из реки Майлуу-Суу отличается и иногда значительно от данных других авторов, полученных в разные годы и в разных местностях. Возможно, это связано с тем, что авторы проводили исследования волос у лиц, регулярно употреблявших воду из источников, проходящих через урановые зоны, а авторы работы [23] проводили исследования волос среди проживающих непосредственно в урановой зоне (Сумсар, Чаркесар, Чадак), т.е. радионуклиды попадали в организм не только с водой, но также и за счет употребления местных продуктов питания, через кожные покровы. В связи с этим и такие значительно различающиеся данные.

В таблице 5 представлены результаты сравнения содержания в волосах значимых микроэлементов у школьников из I группы с литературными источниками.

Таблица 5. Сравнение содержания в волосах значимых микроэлементов у школьников из I группы с литературными источниками.

Table 5. Significant trace element content in the hair of schoolchildren from Group I and comparison with literary data.

Местность	Повышение (>) или понижение (<) содержания элемента в волосах школьников из I группы по сравнению с данными [29] и [32], разы			
	Co	U	Sr	Th
г. Майлуу-Суу	1	> 2,8	> 6,1	> 1,6
Сумсар	< 1,7	> 5,6	> 9,4	< 1,25
Чаркесар	< 6,0	< 5,7	> 1,1	< 12,5
Чадак	< 19	< 4,6	> 2,1	< 7,5
Ташкентская обл. [32]	< 6,7	> 5,1	-	-

Из таблицы 5 видно, что содержание кобальта по всем источникам и местностям равно или выше до 19 раз, чем у школьников из I группы. Содержание урана значительно выше в местностях Чаркесар и Чадак (по-видимому, по вышеуказанным причинам), а содержание стронция везде ниже, чем у школьников из I группы. Содержание тория везде, кроме г. Майлуу-Суу ниже, чем у школьников из I группы.

Таким образом, в группе регулярно употреблявших воду из реки Майлуу-Суу, проходящую через урановую зону, т.е. загрязненную радионуклидами, содержание стронция и урана (кроме местностей Чаркесар и Чадак) в волосах у школьников в возрасте 12-16 лет выше, чем у школьников из других зон. Но этот вопрос требует более детального исследования с учетом содержания радионуклидов в воде, продуктах питания местного происхождения, включая употребление рыбы, выловленной из реки Майлуу-Суу.

По данным Даниловой Е. [21], в Ташкентской обл. в 2015 г., содержание йода в волосах составило $1,4 \pm 0,54$ мкг/г, по нашим данным в I группе школьников его содержание составляло в 2,3 раза меньше ($0,6156604 \pm 0,03$ мкг/г), во 2 группе в 4 раза ниже ($0,345748 \pm 0,03$ мкг/г.). Возможно, такая разница происходит из-за разного содержания йода в пищевых солях, а также от употребления населением морепродуктов, доставленных из других стран. Но этот вопрос требует более детального исследования с определением содержания йода в солях и в продуктах питания, а также особенностей йодного обмена у жителей урановых зон.

7. Возможные альтернативные источники попадания радионуклидов в организм школьников I группы

Высокотоксичные радионуклиды выявлены в песке, на котором загорали дети из I группы: уран - 5,7 мг/кг, торий – 16,56 мг/кг и стронций – 187 мкг/г.

Радионуклиды могут попадать в организм через местные продукты питания животного и растительного происхождения. В этой местности животные, употребляют ту же самую воду, но пасутся на богарных землях, летом на джайлоо (летнее пастбище), т.е. корма у них из безрадионуклидной зоны. Огороды поливаются водой из реки Майлуу-Суу, поэтому этот вопрос требует дальнейшего исследования. В тоже время в проведенных исследованиях [26] в городе Майлуу-Суу, т.е. непосредственно в урановой зоне, наибольшее содержание урана отмечается в организме овец, достигая в золе от 12,17 до $17,58 \cdot 10^{-4}\%$ (после сжигания мяса или органов в муфельной печи), что является опасным для людей, употребляющих продукцию, полученную от этих животных [26]. Исследования других продуктов питания местного происхождения в данной местности не проводились, и этот вопрос требует дальнейших исследований. Попадание радионуклидов через воздух исключено, так как данная местность находится на отдаленном расстоянии от урановой зоны, поэтому содержание радионуклидов в воздухе не выявлено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- При 3-х и 1,5-а кратном превышении принятой нормы содержания урана и тория соответственно, выявлено увеличение щитовидной железы у всех школьников независимо от пола.
- Более высокий процент выявления содержания в волосах радионуклидов среди мальчиков по сравнению с девочками: U в 2,1 и Th в 1,5 раза, соответственно, связан с тем, что, несмотря на запрет купания в речной воде Майлуу-Суу, мальчики в жаркое время года регулярно купались и загорали на «речном» песке, содержащем более высокие концентрации тория, т.к. в «песчаной» речной воде обнаружена более высокая концентрация содержания тория, в «мутной» воде – урана. Кроме того, проведенные в работе исследования [27] выявили, что минимальное содержание тория 0,000036 мг/кг зафиксировано в коже женщины и 0,000011 мг/кг в сердце мужчины, а максимальное – в жировой ткани женщины (0,006 мг/кг) и коже мужчины (0,015 мг/кг), т.е. эти данные подтверждают возможные пути поступления тория в организм у мальчиков через кожные покровы.
- В группе школьников, употреблявших воду, загрязненную радионуклидами, в волосах содержание урана тория и стронция выше установленной нормы (ПДК) выявлено у 98,2%, 17,96%, и 17,36% школьников соответственно. Превышение нормы содержания радионуклидов урана и тория составило в 2,8 и 1,5 раза. По сравнению с контрольной группой у школьников I группы содержание U было в 4 раза выше, Th – в 6,5 раз выше и Sr выше в 8,9 раз.

Таким образом, для профилактики патологии щитовидной железы необходимо:

1. Запретить детям купаться в речной воде, загрязненной радионуклидами.
2. Обеспечить население чистой питьевой водой.
3. Для установления других радионуклидных источников попадания радионуклидов в организм, в том числе волос, провести дальнейшие исследования продуктов питания местного происхождения.
4. Провести рекультивацию радиоактивных хвостохранилищ и отвалов для окончательного решения вопроса.

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.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTERESTS:

The authors declare no conflict of interests.

Список литературы:

1. Ненадкевич К.А. «Туранит и алаит, два новых ванадиевых минерала». *Изв. Императорской Академии наук*, (1909), 3, 185–187.
2. Ненадкевич К. А. Волчков П.А. (1926). О новом минерале - тангите из Тюямуюна. *ДАН СССР, Сер. А*, март, 43–46.
3. Ферсман А.Е. (1924). Тюя-Муюнский радиевый рудник (Из впечатлений поездки весной 1924 года), *Природа*, (1-6), 57–88.
4. Ферсман А.Е. (1925). Тюя-Муюнское месторождение радиевых руд в Фергане. Отчет научн. эксп. 1924 г. *Тр. Научн.-техн. Отд. ВСНХ*, (74)
5. Солодовникова Л.Л. Бариты Тюя-Муюна, (1928). *Тр. по изучению радия*. 3, 93–104
6. Кириков А.П. (1929). Тюя-Муюнское месторождение радия. *Труды Геол. комитета, Новая серия*, 181.
7. Юдичев М.М. (1940). Новые данные о геол. строен. и персп. [Канского м-ния]. *Сов. геология*, (7), 57–62; со схем.
8. Алешин Ю.Г. Торгоев И.А. Лосев В.А. (2000). *Радиационная экология Майлуу-Суу*. Бишкек: «Илим», 96 с.
9. Stajanko, A., Tuhvatshin, R., Suranova, G., Mazej, D., Šlejkovec, Z., Falnoga, I., Krušić, Ž., Lespukh, E., & Stegnar, P. (2020). Trace elements and ALAD gene polymorphisms in general population from three uranium legacy sites – A case study in Kyrgyzstan. *Science of The Total Environment*, 719, 134427 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134427>
10. *Мониторинг, прогнозирование опасных процессов и явлений на территории Кыргызской Республики (2021). (Изд. 18-е с изм. и доп.)*, Бишкек.: Министерство Чрезвычайных Ситуаций КР, - 819 с.
11. Айталиев А. (2003). *Программа действий по комплексному обеспечению радиационно-экологической безопасности населения и территории Кыргызской Республики (на период с 2003-2015)*, Бишкек: «Илим», 5 с.
12. Борисова Н.А. Рахимкулов А.С. Абдрахманова Е.Р. (2011) Содержание химических элементов в волосах человека и регионах Южного Урала. *Вестник ОГУ* 134(15), 28–31.
13. Bencko, V. (1995). Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings. *Toxicology*, 101, 29–39.
14. Yang, L., Wang, W., Hou, Sh., Williams P.W. & Peterson P.J. (2002). Arsenism Clinical Stages and their Relation with Hair Arsenic Concentration of Residents of Bayinmaodao Rural District, Inner Mongolia, China. *Environmental geochemistry and health* 24, 337-348, <https://doi.org/10.1023/A:1020503600916>
15. Джалилов А.П., Нурмухамедов Х.К., Джалилов П.С., Каратаев И. (2004). Нейтронно-активационный анализ волос у детей с дисплазией тазобедренного сустава. *Детская хирургия*, 3, 32–34.
16. Горгошидзе Б.Е., Харисчаришвили И.З. (2006). Вопросы медицинской элементологии и значение определения микроэлементов в биосубстратах для диагностики и профилактики заболеваний репродуктивной системы. *Экспериментальная и клиническая медицина*, 6(31), 60–63.
17. Харисчаришвили И.З., Горгошидзе Б.Е. (2006). Анализ микроэлементного состава волос рентгено-флуоресцентным методом и его значение в деле диагностики заболеваний человека. *Экспериментальная и клиническая медицина*, 7(32), 65–67.
18. Сетко А.Г. (2004). Кинетика тяжелых металлов в волосах и костной ткани населения урбанизированных территорий. *Вестник Омского Государственного Университета*, 4, Приложение биоэлементология, 78–79.

19. Zhuk, L.I., Danilova, E.A., Yashina, T.Yu., & Kist, A.A. (2001). Human Hair Composition in Environment Monitoring and Mapping. *Radionuclides and Heavy Metals in Environment*, 217–225.
20. Данилова Е.А., Зарединов Д.А., Кист А.А. и др. (2012). Оценки экологической обстановки в Ташкентской области с использованием ядерно-физических методов *Uzbek Journal of Physics*, 14(2), 124–130.
21. Данилова Е.А., Кист А.А., Осинская Н.С. (2017). *Экологический мониторинг некоторых районов Узбекистана и заболеваемость. В сборнике статей по материалам научно-практической конференции с международным участием «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017»* Севастополь: СевГУ, С. 337–341.
22. Никитин А.И., Сергеев О.В., Суворов А.Н. (2016). *Влияние вредных факторов среды на репродуктивную, эндокринную системы и эпигеном*. Москва: Акварель, С. 212–230.
23. Айтматова Д.И. Воздействие отходов горнодобывающей промышленности на окружающую среду и население горного обрамления северной Ферганы: дис. канд. мед. наук. Бишкек: Кыргызский горно-металлургический институт им. У. Асаналиева, 2004, С. 24.
24. Тойчуева Г.Р. (2011). Параллели содержания в волосах радионуклидов и частота зоба у детей. *Вестник КРСУ*, 11(3), 178–180.
25. Тойчуева Г.Р. Клинико-лабораторные особенности зоба у школьников в условиях загрязнения окружающей среды радионуклидами и солями тяжелых металлов на юге Кыргызстана: дис. канд. мед. наук. Бишкек: Национальный центр охраны материнства и детства Кыргызского государственного медицинского института переподготовки и повышения квалификации Министерства здравоохранения Кыргызской Республики, 2017, С. 24.
26. Белеков Т.Б., Жунушов А.Т., Быковченко Ю.Г., Исмаилова Ж.И. (2005) *Биологический мониторинг урана в организме сельскохозяйственных животных геохимических провинций Кыргызстана. Биотехнология в мире животных и растений. В сб. трудов под общей ред. А.Т. Жунушова*. Бишкек: Ин-т биотехнология НАН КР. С. 238–243.
27. Барановская Н.В., Игнатова Т.Н., Рихванов Л.П. (2010). Уран и торий в органах и тканях человека. *Вестник Томского государственного университета*, 339, 182–188.

References:

1. Nenadkevich, K.A. (1909). Turanite and alaite, two new vanadium minerals. *Izv, Imperial Academy of Sciences*, 3, 185–187 (in Russ.).
2. Nenadkevich, K.A. & Volchkov, P.A. (1926). About a new mineral – tangeit (tangeit - Dangi, the name of the area where Radium-Tuyamuyun was obtained) from Tyuyamuyun, - *DAN USSR, Ser, A, March*, 43–46 (in Russ.).
3. Fersman, A.E. (1924). Tyuya-Muyun radium mine (From the impressions of the trip in the spring of 1924), *Priroda*, No. 1-6, 57-88 (in Russ.).
4. Fersman, A.E. (1925). *Tyuya-Muyun deposit of radium ores in Fergana, Scientific expedition report, 1924. Sci.-techn. works, dep, VSNKh*, 74, P. 38, (in Russ.).
5. Solodovnikova, L.L. (1928). Tyuya-Muyun Barites - *Sci. works on radium studies*, 3, 93–104 (in Russ.).
6. Kirikov, A.P. (1929). Tyuya-Muyun radium deposit – L. *Geological Committee Proceedings, New series*; 181. (in Russ.).
7. Yudichev, M.M. (1940). New data on geology, structure and prospects [Kansk deposit site] - *Soviet geology*, 7, 57–62 from the schemes] (in Russ.).
8. Aleshin, Yu.G., Torgoev, I.A., & Losev, V.A. (2000). *Radiation ecology of Mailuu-Suu*, Bishkek: "Ilim" (in Russ.).
9. Stajanko, A., Tuhvatshin, R., Suranova, G., Mazej, D., Šlejkovec, Z., Fálnoga, I., Krušić, Ž., Lespuh, E., & Stegnar, P. (2019). Trace elements and ALAD gene polymorphisms in general

- population from three uranium legacy sites – A case study in Kyrgyzstan. *Science of The Total Environment*, 719, 134427 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134427>
10. Monitoring, forecasting of dangerous processes and events on the territory of the Kyrgyz Republic (2021). Bishkek: *MChS KR*, 819 pp. (in Russ.).
11. Aytaliev, A. (2003). *Program of actions for the comprehensive provision of radiation and environmental safety of the population and the territory of the Kyrgyz Republic (for the period from 2003-2015)*, Bishkek: “Ilim”, P. 5 (in Russ.).
12. Borisova, N.A., Rakhimkulov, A.S., & Abdrakhmanova, E.R. (2011). The content of chemical elements in the human hair and in the regions of the Southern Urals *Vestnik OSU* 15(134) 28–31 (in Russ.).
13. Bencko, V. (1995). Use of human hair as a biomarker in the assessment of exposure to pollutants in occupational and environmental settings. *Toxicology*, 101, 29–39.
14. Yang, L., Wang, W., Hou, Sh., Williams P.W. & Peterson P.J. (2002). Arsenism Clinical Stages and their Relation with Hair Arsenic Concentration of Residents of Bayinmaodao Rural District, Inner Mongolia, China. *Environmental geochemistry and health* 24, 337-348, <https://doi.org/10.1023/A:1020503600916>
15. Jalilov, A.P., Nurmukhamedov, H. K., Jalilov, P.S., & Karataev, I. (2004). Neutron activation analysis of hair in children with hip dysplasia. *Children's surgery*, 3, 32–34 (in Russ.).
16. Gorgoshidze, B.Ye. & Kharischarishvili, I.Z. (2006). Questions of medical elementology and the importance of determining trace elements in biosubstrates for the diagnosis and prevention of diseases of the reproductive system. *Experimental and Clinical Medicine* 6(31), 60–63 (in Russ.).
17. Kharischarishvili, I.Z. & Gorgoshidze, B.E. (2006). Analysis of the microelement composition of hair by the X-ray fluorescence method and its importance in the diagnosis of human diseases. *Experimental and Clinical Medicine*, 7(32), 65–67 (in Russ.).
18. Setko, A.G. (2004). Kinetics of heavy metals in hair and bone tissue of the population of urbanized territories. *Bulletin of the Omsk State Universit*, 4, Supplement - bioelementology, P. 78–79 (in Russ.).
19. Zhuk, L.I., Danilova, E.A., Yashina, T.Yu., & Kist A.A. (2001). Human Hair Composition in Environment Monitoring and Mapping. *Radionuclides and Heavy Metals in Environment*, 217–225.
20. Danilova, E.A., Zaredinov, D.A., Kist A.A. et al. (2012). Assessments of the ecological situation in the Tashkent region using nuclear physics methods. *Uzbek Journal of Physics*, 14(2), 124–130.
21. Danilova, E.A., Kist, A.A., & Osinskaya, N.S. (2017), Environmental monitoring of some regions of Uzbekistan and morbidity *In a collection of articles based on the materials of the scientific and practical conference with international participation “Environmental, industrial and energy security – 2017”*. Sevastopol: SevGU, P. 337–341.
22. Nikitin, A.I., Sergeev, O.V., & Suvorov, A.N. (2016). Influence of harmful environmental factors on the reproductive, endocrine systems and epigenome M: Akvarel, P. 212–230.
23. Aitmatova, D.I. (2004). The impact of mining waste on the environment and the population of the mountainous area of northern Fergana: (PhD thesis), Kyrgyz Mining and Metallurgical Institute named after U. Asanaliev, 2004, P.24.
24. Toichueva G.R. (2011). Parallels of the content of radionuclides in hair and the frequency of goiter in children. *KRSU Bulletin*, 11 (3), P. 178-180.
25. Toichueva G.R. (2017) Clinical and laboratory features of goiter in schoolchildren in conditions of environmental pollution with radionuclides and salts of heavy metals in southern Kyrgyzstan. (PhD thesis), National Center for Maternity and Childhood Protection of the Kyrgyz State Medical Institute for Retraining and Advanced Training of the Ministry of Health of the Kyrgyz Republic, Bishkek. 2017, P.24.
26. Belekov T.B., Zhunushov A.T., Bykovchenko Yu.G., & Ismailova Zh.I. (2005). Biological monitoring of uranium in the body of farm animals of the geochemical provinces of

- Kyrgyzstan. *Biotechnology in the world of animals and plants. Proceedings*. Bishkek: Institute of Biotechnology, NAS KR. 238–243.
27. Baranovskaya N.V., Ignatova T.N., & Rikhvanov L.P. (2010). Uranium and thorium in human organs and tissues. *Bulletin of Tomsk State University*, 339, 182–188.