Нейтронно-активационный анализ в экологических исследованиях объектов окружающей среды

Б.И. Курбанов*, Е.А. Данилова, Н.С. Осинская, С.Х. Хусниддинова, С.Ю. Турдиев, Н.Х. Хушвактов, Х.Ш. Фармонов

Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан, ул. Хуросон, 1 ,100214, Ташкент, Узбекистан

Получена 24.12.2021

* Corresponding author: e-mail bkurbanov@inp.uz, Phone: +998 97 733 13 49

В статье приводятся результаты исследования по использованию инструментального нейтронно-активационного анализа для экологического мониторинга объектов окружающей среды Ташкентской области и г.Ташкента. Получены данные по макро- и микроэлементному составу почвы, воды, волос населения вокруг промышленных предприятий и оценены влияния на здоровья населения проживающих на этих территориях.

Ключевые слова: окружающая среда, нейтронно-активационный анализ, макро- и микроэлементы, почва, вода, волос, нейтронный поток, гамма-спектр, экологический мониторинг.

The article presents the results of research using the instrumental neutron activation analysis for monitoring the state of environment in the Tashkent region and the Tashkent city. Data on the macro- and microelement composition of soil, water, hair of the population around industrial enterprises were obtained, and the impact of these data on the health of the population living in these territories was assessed.

Keywords: environment, neutron activation analysis, macro- and microelements, soil, water, hair, neutron flux, gamma spectrum, environmental monitoring.

DOI: https//doi.org/10.52304/.v23i4.290

I. Введение

Решение задач по развитию различных отраслей промышленности и сельского хозяйства создают дополнительные техногенные нагрузки на экосистему, которые приводят не только к ухудшению состояния окружающей среды, но и отражаются на здоровье проживающего в этих регионах населения. Поэтому экологические исследования различных объектов окружающей среды являются актуальной задачей как науки, так и медицины. Основой экологических исследований являются систематические наблюдения за состоянием окружающей среды, мониторинг ее изменений под воздействием природных и антропогенных факторов, и влияние на состояние здоровья населения [1-3].

Источником наибольшего количества загрязнителей окружающей среды являются предприятия химической, нефтехимической, горно-металлургической промышленностей [4]. Анализ состояния и оценка токсического вклада промышленных предприятий является основной задачей проведения экологического мониторинга окружающей среды. С этой целью в последние годы различными природоохранными учреждениями проводятся широкомасштабные мероприятия по мониторингу этих объектов. Однако комплексное, многофакторное изучение состояния окружающей среды с анализом различных объектов и взаимосвязи полученных результатов со здоровьем населения проводится крайне редко.

Важнейшей задачей мониторинга является анализ экологической обстановки и ее динамики, т.е. выявление пространственной изменчивости факторов природной среды, воздействующих на здоровье человека и состояние экосистем [5]. Для достижения этой цели требуется выполнить сбор, анализ, оценку и территориальную интерпретацию трудно сопоставимой экологической информации. Косвенным, но весьма информативным признаком элементной нагрузки на организм человека, включая общую экологическую обстановку, профессиональные условия, питание и, как результат, состояние здоровья, является элементный состав волос человека [6, 7].

Существуют различные аналитические методы контроля состояния окружающей среды (почвы, питьевой воды, растений). Применение для этой цели ядерно-физических, аналитических методов, в частности, активационного анализа, одним из преимуществ которого является близость методологических подходов для определения элементов в различных объектах, дает возможность разработки методик многоэлементного анализа.

Другими преимуществами указанного метода является возможность анализа без разложения образца, многоэлементность, высокая чувствительность и независимость от типа исследуемых образцов. Кроме того, инструментальный вариант нейтронно-активационного анализа практически свободен от погрешностей за счёт загрязнения образца во время подготовки к анализу. Таким образом, активационный анализ в настоящее время является одним из наиболее удобных методов исследования, позволяющим определять большое количество элементов в небольших навесках проб, в частности, почве, воде, волосах населения.

Цель исследования – разработка унифицированной инструментальной нейтронно-активационной методики для проведения мониторинга и оценки экологической ситуации с учетом заболеваемости населения Ташкента и Ташкентской области.

II. Объект и метод исследования

Ташкентская область площадью 15.3 тыс. кв. км расположена в северо-восточной части Узбекистана. В области располагаются предприятия цементной промышленности, производства цветных (цинк, медь) и тугоплавких (молибден, вольфрам) металлов, производства азотных и фосфорных удобрений. На территории области имеются выведенные из эксплуатации урановые рудники. Недра области богаты медью, бурым углем, молибденом, цинком, золотом, серебром, редкоземельными металлами и др.

Ведущей отраслью промышленности в городе Ташкенте является машиностроение, кроме этого, развиты легкая, пищевая, химическая, фармацевтическая, строительная и др. отрасли. Город и область разделены на районы [8].

Проблема определения усредненных значений загрязненности атмосферного воздуха, поверхностных вод, почв и т.д. является исключительно сложной и трудоемкой, и оценка экологической ситуации с учетом заболеваемости населения в пределах отдельно взятого региона достаточно проблематична.

Для определения усредненных значений загрязненностей использован нейтронно-активационный анализ, который позволяет определять значительное число элементов в различных образцах с исключительно высокой чувствительностью. В каждом районе Ташкента и Ташкентской области было определено 10–15 точек отбора проб воды, почвы и волос человека. Методика подготовки образцов была подробно описана ранее [9].

Для экологических исследований наиболее эффективным является инструментальный нейтронно-активационный метод анализа (ИННА), обладающий высокой чувствительностью, производительностью и многоэлементностью [10, 11].

Инструментальный нейтронно-активационный анализ проводили на базе ядерного реактора типа ВВР-СМ Института ядерной физики АН РУз. В работах [12-14] с использованием ИННА показаны возможности исследования макро- и микроэлементного состава практически всех объектов окружающей среды: почва, питьевая вода, растения, продукты питания, фрукты, овощи, выращиваемые на данной территории, и волосы жителей исследуемых территорий. Экологическими объектами исследований являются почва, вода, растительность, атмосферный воздух, микроорганизмы, ткани животных и человека [15-16].

Среди токсичных веществ по данным МАГАТЭ наиболее вредными для здоровья человека считаются: 1) радионуклиды, 2) токсичные неорганические химические соединения, 3) природные токсины (бактериальные токсины, микотоксины и др.), 4) органические загрязняющие вещества

©Академия наук Республики Узбекистан, 2021 г.

(нефтепродукты, пестициды, диоксины и др) и 5) химические элементы из группы тяжелых металлов [16, 17]. Исследованию объектов окружающей среди с использованием ИНАА посвящены работы [18-24]. Несмотря на это, объектов для изучения достаточно много.

III. Экспериментальная часть

Исследуемые пробы были подготовлены по стандартной процедуре, принятой для данного аналитического метода анализа элементного состава вещества. В качестве источника нейтронов использовали ядерный реактор типа ВВР-СМ ИЯФ АН РУз.

ИННА – многоэлементный анализ, и для определения содержания элементов по радионуклидам с различными периодами полураспада приходится применять различные временные режимы (время облучения, остывания, измерения).

Так, для короткоживущих радионуклидов с периодом полураспада ($T_{1.2}$) от нескольких минут до нескольких часов I, Cl, Mn, Cu, Na, K. образцы облучали в вертикальном канале реактора ВВР-СМ ИЯФ АН РУз потоком нейтронов $n\times10^{13}$ нейтрон/см^{2}сек в течение 30 сек. Измерение гамма-спектров наведенной активности образцов проводили дважды – через 10–15 мин после облучения для определения содержания магния, йода и хлора и через 4 часа для определения содержания натрия, меди, калия и марганца.

Для определения среднеживущих радионуклидов с периодом полураспада от суток и до 10 суток Ca, Au, Br, La, U, Cd, As были выбраны следующие режимы: $t_{обл}$ = 20 час; $t_{охл}$ = 10 дней, $t_{изм}$ = 200–300 с.

Для определения Se, Hg, Cr, Hf, Sr, Ag, Ni, Sc, Rb, Fe, Zn, Co, Sb по долгоживущим нуклидам $T_{1/2}$>10 суток, те же пробы выдерживали для остывания в течение $t_{охл}$= 30 суток, после чего проводили измерения каждого образца в течение 400–600 с.

Регистрацию наведенной активности облученных образцов проводили с использованием детектора из германия высокой чистоты (V=120 см^3), имеющего энергетическое разрешение, равное 1.8 КэВ по гамма-линии Co-60 (1333 кэВ) и гамма-спектрометр высокого разрешения (фирмы Canberra Industries Inc., США) с компьютерным программным обеспечением по управлению гамма-спектрометром и обработке гамма-спектров Genie-2000.

Максимальная погрешность активационного метода определения содержания элементов не превышала 12%. Точность и правильность определения того или иного элемента проверяли сравнением полученных данных с аттестованными значениями стандартов МАГАТЭ Algae IAEA 0393 и Lichen IAEA 336, а также NIST Standard Reference Material 1572 – CITRUS LEAVES [25].

Проведенные исследования позволили определить более 25 химических элементов в различных исследуемых объектах. Статистическую обработку данных выполняли с помощью пакета программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 6.0.

IV. Результаты измерения и их обсуждение

В табл. 1 представлены средние значения результатов анализа почв в г. Ташкенте и Ташкентской области, из которой видно, что по сравнению с распространенностью в земной коре в исследуемых нами почвах повышено содержание мышьяка, кальция, бария, кобальта, калия, натрия, тория, урана и цинка.

Повышенные содержания натрия, калия, кальция и бария связаны с характером самих почв, что же касается мышьяка, кобальта, цинка и урана, то повышенные содержания этих элементов в некоторых районах области связаны с промышленностью, развитой в этих районах.

При этом распределение данных элементов по территории района и города неравномерно. На рис. 1 в качестве примера показано распределение цинка в почвах Ташкентской области.

Повышенное содержание цинка, выявленное в Ташкентском, Зангиотинском, Янгиюльском районах до 100 мкг/г, возможно, связано с развитой промышленностью в этих районах. Резко повышенные концентрации цинка (более 100 мкг/г) в Среднечирчикском и Ахангаранском районах связаны с деятельностью Алмалыкского горно-металлургического комбината, в Пскентском и Бекабадском районах – с промышленной деятельностью Бекабадского металлургического комбината, а также с процессами атмосферного переноса из г. Алмалыка. Полный перечень с нумерацией районов представлен на рис. 1.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2021 г.

Таблица 1. Среднее содержание элементов в почвах Ташкента и Ташкентской области, (мкг/г).

Элемент	г. Ташкент	Ташкентская область	Распространенность [8]	Элемент	г. Ташкент	Ташкентская область	Распространенность [8]
As	8,5±0,20	8,9±1.9	5-6	Mn	625±17	640±64	850
Au	0,015±0,0013	0,022±0,015	-	Mo	2,1±0,13	2,6±0,65	2,0
Ba	750±26	560±170	500	Na%	1,0±0,026	1,1±0,15	0,6-0,63
Br	3,3±0,26	4,4±1,5	5,0	Ni	160±8,5	30±29	40
Ca%	9,3±0,39	10±2,5	1,37-1,5	Rb	120±2,5	93±26	100
Ce	57±1,5	54±14	50	Sb	2,1±0,17	1,4±0,51	2,0-10
Co	10±0,19	9,8±3,4	8,0	Sc	10±0,23	10±3,6	7,0
Cr	64±2,1	50±22	200	Sm	4,8±0,085	4,8±0,64	-
Cs	5,8±0,10	5,6±1,8	5-6	Sr	370±18	250±44	300
Eu	1,0±0,022	1,0±0,31	-	Ta	1,0±0,022	0,84±0,25	-
Fe%	3,3±0,15	2,7±0,79	3,8-4,0	Tb	0,59±0,010	0,52±0,16	-
Hf	7,6±1,6	5,7±1,7	6.0	Th	14,5±0,59	12±2,9	5,0-6,0
K%	1,9±0,069	2,1±0,41	1,4-1,5	U	3,7±0,13	3,5±0,56	1,0
La	40±1,4	51±8,0	30-40	Yb	2,3±0,074	2,0±0,36	-
Lu	0,26±0,012	0,34±0,040	-	Zn	175±24	96±29	50

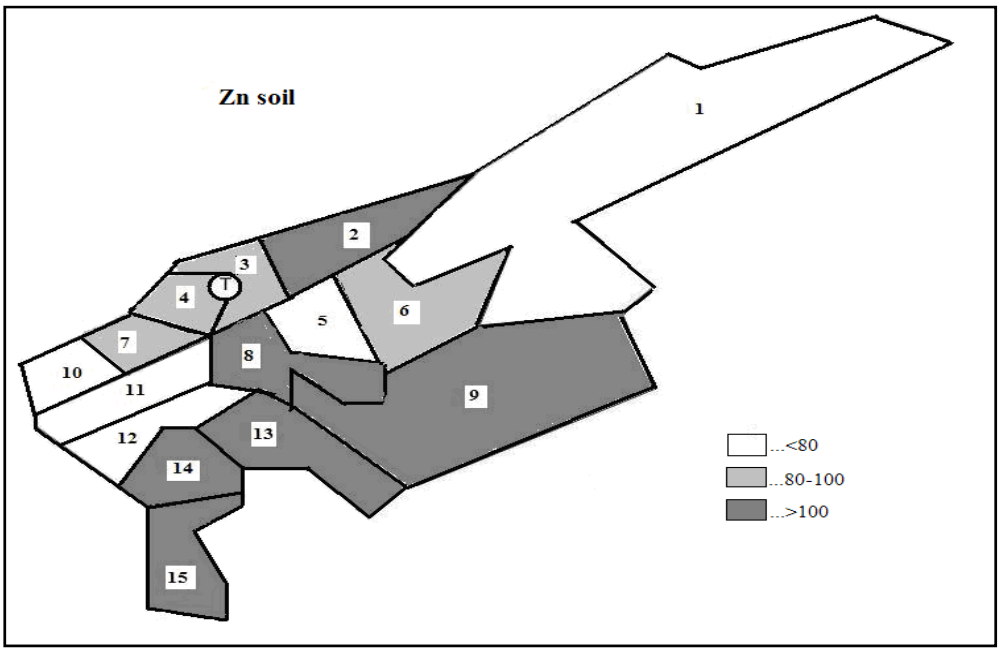


Рисунок 1. Распределение цинка в почвах Ташкентской области, мкг/г: 1 – Бостанлыкский, 2 – Кибрайский, 3 – Ташкентский, 4 – Зангиотинский, 5 – Верхнечирчикский, 6 – Паркентский, 7 – Янгиюльский, 8 – Среднечирчикский, 9 – Ахангаранский, 10 – Чиназский, 11 – Нижнечирчикский, 12 – Аккурганский, 13 – Пскентский, 14 – Букинский, 15 – Бекабадский, Т – Ташкент.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2021 г.

В целом, в почвах по Ташкенту наблюдаются сравнительно близкие значения найденных концентраций элементов, что объясняется относительным геохимическим однообразием сравнительно ограниченной территории, однако в ряде районов города повышено содержание цинка, молибдена, брома, никеля, что может быть объяснено дальним переносом выбросов производств г. Алмалыка.

Анализ питьевых (водопроводных вод) также показал неравномерное распределение значений содержания элементов по районам области. Вместе с тем все значения находятся в пределах предельно допустимой концентрации для питьевых вод.

Выявлены существенные колебания хлора (2.6–106 мг/л), сурьмы (0.19–0.87 мкг/л), железа (2.8–44 мкг/л), а также урана (1.2–23 мкг/л), что, вероятнее всего, является следствием воздействия как отработанных урановых производств, так и выносом урана с промывными водами, содержащегося в фосфорных удобрениях.

Несмотря на строгий контроль питьевой воды, ее элементный состав по районам города Ташкента (табл. 2) также представляется неоднородным, возможно, из-за наличия различных источников водоснабжения. Определенный интерес вызывают вариации содержания хлора в питьевой воде (1.6–2.8 мг/л), несмотря на то, что техника и уровни хлорирования питьевой воды стандартизованы и контролируются. Повышенное содержание железа в питьевой воде города вероятнее всего связано с коррозийными процессами в трубах.

Таблица 2. Среднее содержание элементов в питьевой воде г. Ташкента и Ташкентской области, мкг/л.

Элемент	г. Ташкент	Ташкентская область	ПДК	Элемент	г. Ташкент	Ташкентская область	ПДК
Ag	<0,01	0,1±0,016	25	La	0,19±0,032	0,6±0,081	
As	0,83±0,086	0,80±0,011	10	Lu	0,014±0,0062	0,017±0,0029	
Au	0.015±0.00071	0.026±0.0028		Mg%	0,84±0,062	3,2±0,91	
Ba	95±4.2	65±14	100	Mn	29±1,9	31±9,5	50
Br	3.4±0,17	93±14	200	Mo	3,1±0,27	11±2,5	70
Ca%	4,3±0,2	15±1,9	-	Na%	0,45±0,056	5,2±1,3	20
Ce	0,36±0,059	0,074±0,011		Ni	4,9±0,79	<1,0	
Cl%	0,19±0,011	3,3±0,79		Rb	0,88±0,1	0,69±0,10	
Co	0,15±0,016	0,29±0,040	100	Sb	0,43±0,044	0,37±0,058	
Cr	1,9±0,15	5,5±1,8	50	Sc	0,050±0,012	0,011±0,0022	
Cs	0,047±0,0080	0,046±0,031		Se	<0,01	1,8±0,56	
Eu	0,012±0,0012	0,0036±0,0013		Sr	340±14	1700±540	
Fe	240±39	8,9±2,7	300	Tb	0,0044±0,0011	<0,001	
Hf	0,080±0,041	0,01±0,0014		Th	0,057±0,013	<0,01	
Hg	<0,01	0,015±0,0055		U	2,2±0,14	10±1,5	
				Zn	26±3,4	19±3,6	5000

Результаты анализа волос жителей Ташкентской области (табл. 3) показали, что в ряде районов (8, 9, 15) в 2−3 раза, по сравнению соседними, повышено содержание хрома (1.4±0.095 мкг/г), кобальта (0.25±0.015 мкг/г), сурьмы (0.16± 0.011 мкг/г), урана (0.60±0.041 мкг/г). Элементный состав волос неоднороден также по районам города Ташкента. Отношение максимального значения к минимальному составляет 50 для бария, 25 для хлора, 5 для ртути, 15 для калия, 5 для натрия, 8 для стронция. По другим элементам различия меньше, но все же существенны. Предполагается, что это может быть связано с существованием в районах как загрязняющих окружающую среду предприятий, так и с условиями труда жителей.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2021 г.

Таблица 3. Содержание элементов в волосах жителей Ташкента и Ташкентской области, мкг/г.

Элемент	г. Ташкент	Ташкентская область	Референтные значения	Элемент	г. Ташкент	Ташкентская область	Референтные значения
Ag	0,15±0,044	0,12±0,038	0,1- 0,25	I	4,2±1,1	1,6±0,56	0,8-1,5
As	<0,1	0,13±0,042	0,1-0,3	K	360±99	510±180	800-1000
Au	0,066±0,026	0,029±0,013	0,02-0,05	La	0,025±0,0019	0,057±0,0059	0,02-0,04
Ba	33±15	96±61	1,0-5,0	Mn	1,3±0,21	1,8±0,17	0,35-1,0
Br	1,8±0,28	2,7±0,40	1,0-3,0-	Na	540±180	1400±550	250-800
Ca	2200±360	4200±1100	1000-1500	Rb	0,62±0,14	0,42±0,093	0,5-1,0
Cl	1600±600	4200±1600	1000-2000	Sb	0,084±0,006	0,067±0,0082	<0,2
Co	0,036±0,0031	0,084±0,019	0,05-0,1	Sc	0,012±0,0047	0,013±0,0013	0,006-0,015
Cr	0,44±0,025	0,50±0,076	0,35-1,0	Se	0,37±0,019	0,30±0,030	0,35-1,0
Cu	8,8±0,97	12±1,5	15-20	Sr	25±6,6	41±12	<10
Fe	33±1,5	50±3,7	20-30	U	0,13±0,011	0,18±0,038	<0,3
Hg	0,066±0,011	0,044±0,0046	0,1-0,3	Zn	227±34	140±6,7	150-250

Как известно, заболеваемость населения в значительной мере связана с состоянием окружающей среды. Для изучения взаимосвязи среды обитания и здоровья проведен корреляционный анализ между содержанием элементов в объектах окружающей среды и заболеваемостью. Полученные от МЗ РУз данные о заболеваемости позволили построить картограммы распределения различных заболеваний по районам города и области, а корреляционный анализ показал, что наблюдаются значительные корреляции как для литофильных элементов, так и для биологически значимых микроэлементов, а также для элементов, биологическая роль которых мало изучена.

Так, недостаток никеля в почве может явиться причиной заболеваемости крови и эндокринной системы (r=–0.63; r=–0.55; доверительная вероятность анализа P=0.95). Избыток токсичной сурьмы может привести к увеличению частоты психических заболеваний и заболеваний нервной системы (r=0.57; r=0.81; доверительная вероятность анализа P=0.95). Избыток цинка (незаменимого микроэлемента) может быть связан с ростом болезней нервной системы, систем кровообращения и мочеполовой (r=0.72, r=0.55, r=0.59; p<0.05). Избыток редкоземельных элементов (биологическая роль которых практически не изучена) может привести к поражению пищеварительной системы. В качестве примера на рис. 2 представлены картограммы распределения цинка в почвах и частоты заболеваемости нервной системы по районам города.

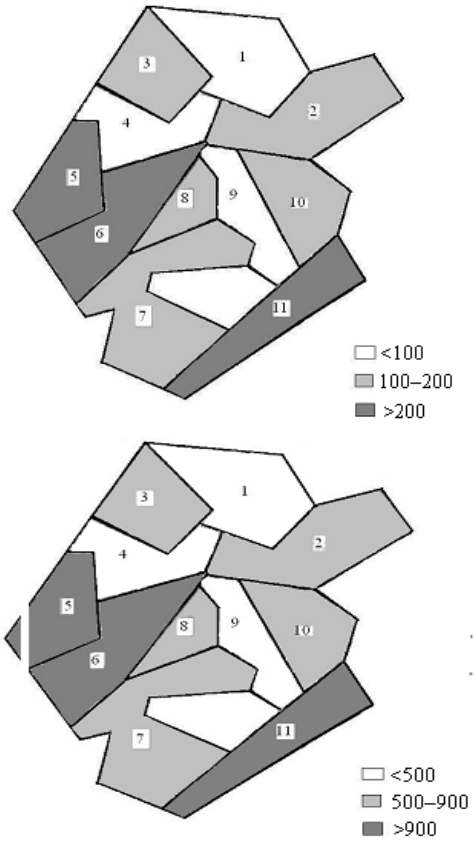


Рисунок 2. Картограммы распределения цинка в почве, мкг/г (верхний рисунок) и болезней нервной системы (нижний рисунок) по районам города в усл. ед.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2021 г.

Изучение корреляционных зависимостей между заболеваемостью и содержанием элементов в волосах жителей позволили выявить связь между содержанием железа и частотой психических расстройств (r=–0.56; p<0.05). Пониженные содержания кальция, кобальта, калия, натрия (конституционных элементов) и повышенные содержания цинка и ртути в волосах жителей могут быть связаны с заболеваниями эндокринной системы. Обнаружена положительная связь между содержанием меди и заболева-ниями системы кроветворения (r=–0.59; p<0.05). Заболевания системы пищеварения связаны с недостатком таких незаменимых элементов, как кобальт и цинк (r=–0.53; r=–0.59 соответственно при p<0.05).

V. Заключение

На основе разработанной инструментальной нейтронно-активационной методики проведен анализ почв, питьевых вод и волос жителей Ташкента и Ташкентской области. Рассчитаны средние содержания элементов в почве, питьевой воде и волосах жителей. Установлено крайне неравномерное распределение элементов в составе объектов на исследуемых территориях. Выявлены техногенно-напряженные районы, что обусловлено деятельностью промышленных предприятий. Проведен корреляционный анализ между исследуемыми объектами и заболеваемостью. Для некоторых заболеваний найдены статистически значимые корреляции для Na, K, Ca, Co, Fe и Zn в волосах.

Проведенный анализ показал, что возникновение заболеваний тех или иных систем человека находится в прямой зависимости от состояния окружающей среды, уровня и характера ее загрязнения.

Метаданные

Neutron-activation analysis in ecological research of environmental objects

B.I. Kurbanov, E.A. Danilova, N.S. Osinskaya, S.Kh. Khusniddinova, S.Yu. Turdiev, N.Kh. Khushvaktov, Kh.Sh. Farmonov

Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan.

The article presents the results of research using the instrumental neutron activation analysis for monitoring the state of environment in the Tashkent region and the Tashkent city. Data on the macro- and microelement composition of soil, water, hair of the population around industrial enterprises were obtained, and the impact of these data on the health of the population living in these territories was assessed.

Keywords: environment, neutron activation analysis, macro- and microelements, soil, water, hair, neutron flux, gamma spectrum, environmental monitoring.

Литература (References)

[1] N.A. Agadjanyan, A.V. Skalniy. Himicheskie elementy v srede obitaniya i ekologicheskiy portret cheloveka (Moskva, Izd-vo KMK, 2001).

[2] Yu.F. Babikova, V.V. Kolesnik, N.P. Roslyakov i dr. Mikroelementniy sostav volos naseleniya kak indicator zagryazneniya prirodoy i proizvodstvennoy sredoi. V kn.: Aktivatsionniy analiz: Metodologiya i primenenie (Tashkent, Izd-vo Fan, 1990).

[3] A.A. Kist. Fenomenologiya biogeokhimii i bioneorganicheskoy khimii (Tashkent, Fan, 1987).

[4] G.G. Onishenko. O hode raboty po vedeniyu sotsialno-gigienicheskogo monitoringa v 2000-2002 i zadachakh gossan-epid-slujby Rossiyskoy federatsii po ego sovershenstvovaniyu. Gigiena i Sanitariya No.3, 3-5 (2004).

[5] A.I. Perelman. Geokhimiya: Uchebnoe posobie dlya geologicheskikh universitetov (Moskva, Vysshaya Shkola, 1979).

[6] A. Chatt, S.A. Katz. Hair analysis, applications in the biomedical and environmental sciences (VCH Publishers, 1988).

[7] L.I. Zhuk, E.A. Danilova, T.Yu. Yashina, A.A. Kist. Human hair composition in environment мonitoring and мapping. Radionuclides and heavy metals in environment. Ed. M.V. Frontasyeva (Kluwer Academic Publishers, the Netherlands, 217-225, 2001).

[8] https://ru.wikipedia.org/wiki/ Tashkent.

[9] E.A. Danilova, N.S. Osinskaya, S.X. Husniddinova, Ya.A. Akhmedov. Elementniy sostav volos – indikator prirodno-tekhnogennoy obstanovki Tashkentskoy oblasti. Mikroelementi v meditsine No.3, 24-32 (2020).

[10] B.I. Kurbanov, E.A. Danilova, N. Hushvaktov i dr. Neutronno-aktivatsionniy analiz mikroelementnogo sostava hlebobulochnikh izdeliy funktsionalnogo naznacheniya. Meditsinskaya Fizika (RINTs) No.1, 119-122 (2021).

[11] M.V. Frontasyeva. Neutronno-aktivatsionniy analiz v naukakh o zhizni. Fizika elementarnykh chastits i atomnogo yadra **42**, No.2, 636-716 (2011).

[12] B.I. Kurbanov, Ya.A. Akhmedov, E.A. Danilova, N.S. Osinskaya, B.K. Kul'djanov. Ekologicheskiy monitoring nekotorikh territoriy Uzbekistana s ispol'zovaniem yaderno-fizicheskikh metodov. Ekologiya (Minsk, Belarus) No.2, , -36-40 (2020).

[13] B.I. Kurbanov, E.A. Danilova, Ya.A. Akhmedov, N.Kh. Hushvaktov, Kh.Sh. Farmanov. Ispol'zovanie instrumentalnogo neutronno-aktivatsionnogo analiza dlya ekologicheskogo monitoringa tekhnogennykh territoriy Uzbekistana. Materiali 21 mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Sakharovskie chteniya 2021 goda: ekologicheskie proble-

©Академия наук Республики Узбекистан, 2021 г.

my XXI veka» (Minsk, Belarus, MGEI im. A.D. Sakharova BGU, 20-21 may 2021).
[14] A.V. Skalniy, I.A. Rudakov. Bioelementy v meditsine (Moskva, Mir, 2004).
[15] A.R. Jurakulov, A.M. Muzafarov, B.I. Kurbanov, Sh.R. Urinov. Radiation factors of uranium productions and their impact on the environment. Annals of R.S.C.B.(Scopus) **25**, Issue 4, 490-499 (2021).
[16] IAEA. NAHRES-75. Technical Report (Vienna, IAEA, 2003). p.1-173.
[17] G.V. Iyengar, K.S. Subramanian. Environmental biomonitoring: exposure assessment and specimen banking. ACS Symp. Ser. **654**, 1-18 (1997).
[18] W.D. Ehmann, D.E. Vance. Radiochemistry and nuclear methods of analysis (N.Y., John Wiley and Sons, 1991).
[19] M.V. Frontasyeva, E. Steinnes. Yarmonization of health related environmental measurements using nuclear and isotopic techniques (Vienna, 1997, P.301-311).
[20] A. Gaudry et al. The necessary role of neutron activation analysis as a bulk multielement method with respect to ICP-MS and ICP-OES for environmental and earth sciences studies. Lab. Pierre Sue. CEA Saclay, 2000.
[21] I.J. Roelandts. J. Radioanal. Nucl. Chem. **243**, No.1, 209Ä218 (2000).
[22] J.-L.Joron. PhD Thesis (The University of Paris VII, 2000).
[23] N.V. Baranovskaya, D.V. Shvetsova, A.F. Sudyko. Regionalnaya spetsifika elementnogo sostava volos detey, projivayushikh na territorii Tomskoy oblasti Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta **319**(1), 212-220 (2011).
[24] A.P. Avtsyn, A.A Zhavoronkov. Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya (Moskva, Meditsina, 1991).
[25] IAEA AQCS Catalogue for Reference Materials and Intercomparison Exercises (IAEA-336, Lichen; IAEA-375, Soil; Vienna, Austria).

Атроф мухит объектларини экологик тадқиқотида нейтрон-активацион тахлил

Б.И. Курбанов, Е.А. Данилова, Н.С. Осинская, С.Х. Хусниддинова, С.Ю. Турдиев, Н.Х. Хушвактов, Х.Ш. Фармонов

ЎзФА Ядро физикаси институти, Fanlar Академияси, Mirzo Ulug‘bek tumani, Ulug‘bek posyolkasi, Xuroson 1, 100214, Ташкент, Узбекистон.

Мақолада Тошкент вилояти ва Тошкент шахри атроф-мухит объектларини инструментал нейтрон-активацион тахлил қилиш бўйича олинган натижалар келтирилган. Саноат корхоналари атрофидаги тупроқ, сув ва шу худудда яшовчи ахоли соч намуналарида макро- ва микроэлементлар таркиби бўйича янги маълумотлар олинган ва шу худудда яшовчи ахоли саломатлигига таъсири бахоланган.

Калит сўзлар. Атроф мухит, нейтрон-активацион тахлил, макро- ва микроэлементлар, тупроқ, сув, соч, нейтронлар оқими, гамма-спектр, экологик мониторинг.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2021 г.