

2. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: метод. указания / Под ред. И.М. Богдевича. – Мн., 2006.

3. ГН 2.1.7.12.1-2004 Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве (Утв. Постановление Гл. гос. сан. врача Республики Беларусь от 25 февраля 2004 №28).

4. Нормативы предельно допустимых концентраций подвижных форм никеля, меди и валового содержания свинца в землях (включая почвы), расположенных в границах населенных пунктов, для различных видов территориальных зон по преимущественному функциональному использованию территорий населенных пунктов. – Утв. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь 19.11.2009 №125.

5. ЭкоНиП 17.03.01-001-2020 Охрана окружающей среды и природопользование. Земли (в том числе почвы). Нормативы качества окружающей среды. Дифференцированные нормативы содержания химических веществ в почвах.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НЕЙТРОННО-АКТИВАЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ УЗБЕКИСТАНА

USE OF INSTRUMENTAL NEUTRON-ACTIVATION ANALYSIS FOR ECOLOGICAL MONITORING OF TECHNOGENIC TERRITORIES OF UZBEKISTAN

Е. А. Данилова, Б. И. Курбанов, Я. А. Ахмедов, Н. Х. Хушвактов, Х. Ш. Фарманов
E. A. Danilova, B. I. Kurbanov, Y. A. Ahmedov, N. X. Xushvaktov, X. Sh. Farmanov

*Институт ядерной физики АН РУз, г.Ташкент, Республика Узбекистан,
bkurbanov@inp.uz*

*Institute of Nuclear Physics, Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent,
Republic of Uzbekistan,
bkurbanov@inp.uz*

Приводятся результаты исследования макро- и микроэлементного состава природных, техногенных, биологических и экологических объектов, продуктов питания и биосубстратов (волосы) жителей техногенных территорий Узбекистана, где функционируют промышленные предприятия страны, с использованием нейтронно-активационного анализа и проведен экологический мониторинг этих территорий. Приводятся результаты элементного анализа эталонных образцов и почвы исследованных территорий.

The article presents the results of the study of the macro- and microelement composition of natural, technogenic, biological and ecological objects, food products and biosubstrates (hair) of the inhabitants of the technogenic territories of Uzbekistan, where the country's industrial enterprises operate, using neutron activation analysis. The ecological monitoring of these territories is carried out. The results of the elemental analysis of reference samples and the soils of the studied territories are presented.

Ключевые слова: макро- и микроэлементы, техногенные объекты, радионуклиды, нейтронно-активационный анализ, окружающая среда, гамма-спектр, нейтронный поток, полупроводниковый детектор.

Key words: macro- and microelements, technogenic objects, radionuclides, neutron activation analysis, environment, gamma spectrum, neutron flux, semiconductor detector.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-166-169>

В современном мире проблемы охраны окружающей среды стали глобальными проблемами, на которым необходимо уделять большое внимание. Основными источниками загрязнения окружающей среды стали промышленные предприятия – техногенные объекты горно-металлургических, нефтехимических, энергетических предприятий и отраслей производства сельхозудобрений [1,2]. В результате техногенного распространения химических элементов в окружающую среду возникают зоны с аномально высокими их содержанием. В настоящее время регионы с интенсивным развитием различных отраслей промышленности Узбекистана считаются характерными регионами, которые сильно влияют на окружающую среду. Такая ситуация требует проведения экологического мониторинга – комплексной системы наблюдений за состоянием окружающей среды данной территории, оценки ее изменений под воздействием природных и антропогенных факторов, их оценку и прогнозирование, а также действия, направленные на выявление, предупреждение и устранение влияния вредных факторов окружающей среды [3-5].

Объекты экологического мониторинга.

Исследуемыми территориями были выбраны промышленные районы Узбекистана, где располагаются предприятия цементной промышленности, производства цветных (цинк, медь) металлов, производства азотных и фосфорных удобрений, а также выведенные из эксплуатации урановые рудники и другие предприятия, которые могут в той или иной мере загрязнять окружающую среду. Образцы почвы, воды, растения, сельскохозяйственные продукты из этих территорий были на анализ в количестве не менее 40 штук с каждого объекта, итого более 1000 образцов.

Методики нейтронно-активационного анализа.

Нейтронно-активационный метод анализа элементного состава сложных образцов при использовании исследовательских атомных реакторов и современных спектрометров на основе полупроводниковых детекторов позволяет определить концентрацию более 40 элементов в образцах почвы, растений, воды, продуктов питания и субстратах (волос) человека с высокой чувствительностью. С использованием гамма-спектрометров на основе полупроводниковых детекторов высокого разрешения из особо чистого германия возможно расширить диапазон определяемых элементов, понизить пределы обнаружения, повысить производительность.

С учетом ядерно-физических параметров атомного реактора типа ВВР-СМ (мощность, плотность потока и энергия нейтронов) Института Ядерной Физики АН РУз проведен экологический мониторинг техногенных территорий страны с использованием инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА). Для этого усовершенствовали методику ИНАА почвы, растений, воды и биологических образцов, которая сводилась к изменению и уточнению временных параметров анализа (время облучения, время остывания, время измерения). Разрешающая способность детектора из особо чистого германия составила 1.8 кэВ по гамма-линии ^{60}Co (1332 кэВ), а эффективность регистрации составляла 20%. Использование гамма-спектрометра с таким детектором позволило разделять элементы с близкими энергиями, такие как цинк и скандий, энергии которых 1115.5 и 1120.5 кэВ соответственно, магний и марганец – энергии 843.8 и 846.7 кэВ, и определять их содержания по чистым пикам без учета вклада друг в друга, что ранее было невозможно. Тем самым повысилась чувствительность и точность определения вышеперечисленных элементов, что весьма важно при определении скандия и цинка в почвах и магния и марганца в биологических образцах.

При исследовании физико-технических параметров (режимы облучения и охлаждения, навеска пробы, расположение аналитических линий в спектре наведенной гамма – активности) был выбран канал для облучения и режимы облучения и охлаждения. Учитывая, что каждый канал имеет свой спектр нейтронов, был проведен анализ стандартных образцов сравнения.

Для определения содержания элементов по радионуклидам с различными периодами полураспада приходится применять различные временные режимы анализа (время облучения, остывания, измерения). После изучения характерных гамма-спектров активированных образцов нами выбраны следующие режимы:

1. время облучения 30 сек, время остывания 10 мин, время измерения 100 сек,
2. время облучения 30сек, время остывания 4 часа, время измерения 100-200 сек
3. время облучения 30сек, время остывания 20 часа, время измерения 200 сек
4. время облучения 20 час, время остывания 10 дней, время измерения 200-300 сек
5. время облучения 20 час, время остывания 20 дней, время измерения 400 сек для анализа волос
6. время облучения 20 часов, время остывания 30 дней, время измерения 400 сек для анализа воды, почвы и растений.

Методика определения содержания элементов по короткоживущим радионуклидам. Исследуемые образцы вместе с эталонами упаковывали в полиэтиленовый контейнер и облучали в вертикальном канале реактора потоком нейтронов 5×10^{13} нейтрон/см² сек в течение 30 сек. Измерение наведенной активности проводили трижды – через 10 мин после облучения для определения магния и хлора и через 4 часа – для определения натрия, меди, калия и марганца. Определение меди в образцах почвы и растений проводили на следующий день. Время измерения составляло 200-300 сек.

Методика определения содержания элементов по среднеживущим радионуклидам. Для определения содержания кальция, брома, лантана, золота и урана и других элементов образцы волос заворачивали в алюминиевую фольгу и облучали в мокром канале реактора в течение 20 час. Измерение наведенной активности проводили через 10 дней после облучения по соответствующим нуклидам. Время измерения каждой пробы составляло 200-300 сек.

Методика определения содержания элементов по долгоживущим радионуклидам. Для определения содержания элементов по долгоживущим радионуклидам облученные в течение 20 час пробы измеряли через 30 дней после облучения по соответствующим γ -линиям. По данной методике стало возможным определить содержание: церия, тория, хрома, цезия, никеля, железа, цинка и др. элементов.

В настоящее время надежным методом проверки правильности аналитических работ является анализ стандартных образцов сравнения. В качестве стандартных образцов сравнения для проверки правильности используемой методики были выбраны следующие стандарты: образец МАГАТЭ (IAEA-336 Lichen), Стандарт национального института стандартов США, листья (NISTSRFM 1572-CITRUSLEAVES) и стандарт почвы МАГАТЭ (IAEA-375 Standard Reference Material – Soil).

Результаты. В таблице 1 для примера приведены результаты нейтронно-активационного анализа стандартных образцов сравнения. Как видно из результатов, разработанные в лаборатории методики обладают высокой сходимостью с аттестованными значениями и могут быть использованы в исследованиях по экологическому мониторингу. Для изучения экологической обстановки исследовали элементный состав почв, воды в техногенных территориях Узбекистана с использованием нейтронно-активационного анализа, который позволяет определять значительное число элементов в различных образцах с исключительно высокой чувствительностью.

Для анализа почвы, по установленной методике отбирали пробы и предварительно удаляли травяной покров. Из отобранных образцов готовили усредненные пробы по стандартной методике (высушивание, измельчение, просеивание через сито). Методом квартования отбирали навески для нейтронно-активационного анализа, для определения элементов по короткоживущим изотопам взвешивали на аналитических весах образцы по 20-30 мг, а для определения по средне- и долгоживущим изотопам по 50-70 мг. Элементный состав волос человека является косвенным, но весьма информативным признаком элементной нагрузки на организм человека, включая общую экологическую обстановку, условия труда и питание и, как результат, на состояние здоровья. Для получения усредненной представительной информации в каждой точке отбора отбирали волосы у 6 человек (3 мужчин и 3 женщин) с 3-5 мест затылочной части головы, согласно рекомендациям МАГАТЭ. Пробы отмывались от поверхностных загрязнений бидистиллированной водой и обезжиривались ацетоном, а затем воздушно высушивали. После чего для каждой точки отбора пробы волос разрезались на участки длиной 2-3 см и готовилась усредненная проба. Взвешенные образцы герметично упаковывали в маркированные полиэтиленовые пакеты и в герметичном контейнере облучали в потоке нейтронов атомного реактора типа ВВР-СМ. Облученные образцы измеряли в измерительном комплексе лаборатории Экологии и биотехнологий ИЯФ АН РУз.

Таблица 1 – Сравнение, полученных данных с аттестованными значениями NIST Standard Reference Material 1572 – CITRUSLEAVES, (мкг/г)

Элементы	As	Ba	Br	Cl	Cr	Fe	Mn	Ni	Rb	Na	Sc	Sr	Zn
Сертифицирована	3.1±0.3	21±3	8.2	414	0.8±0.2	90±10	23±2	0.6±0.3	4.84±0.06	160±20	0.01	100±2	29±2
Найдено	2.9	25	7.9	400	0.76	87	21	0.68	4.9	162	0.009	110	31

Получены результаты анализа по всем исследованным образцам. Для примера результаты анализа образцов почвы техногенных территорий Узбекистана приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты НАА образцов почвы, техногенных территорий Узбекистана, (мкг/г)

№ Эл-т	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sm	5.88	4.6	6.8	5.04	3.73	4.0	5.19	6.56	4.58	3.92
Mo	3.3	3.08	2.0	1.7	3.97	3.53	2.48	2.33	3.1	1.66
Lu	0.26	0.3	0.35	0.3	0.34	0.35	0.35	0.334	0.29	0.385
U	3.2	10.5	5.15	6.26	8.0	5.06	5.6	5.89	4.35	5.17
Yb	2.38	2.7	2.96	2.54	2.89	2.83	3.13	2.92	<1.0	3.34
Au	0.007	0.0072	0.01	<0.001	0.0086	0.0095	0.014	0.0098	<0.001	0.009
Nd	18.23	26.57	31	24.56	25.52	34.54	42.1	35.61	24.76	39.93
As	7.19	9.1	9.94	9.5	2.1	7.23	8.75	7.54	7.64	8.4
Br	5.3	4.22	4.22	2.75	2.06	4.37	2.27	5.52	3.83	6.36
Ca	2.14	9.73	3.07	6.72	8.87	7.48	10.38	7.97	7.54	9.55
La	26.83	32.52	25.1	32.1	36.13	38.8	38.64	39.66	29.8	38.3
Ce	41,55	54,54	62.9	54.34	60.57	64.2	65.5	64.89	52.29	65.5
Tb	0.51	0.54	0.64	0.49	0.69	0.64	0.73	0.78	0.58	0.69
Th	8.01	24.81	12.01	8.76	25.15	9.53	11.99	13.58	9.53	10.79
Cr	41.74	62.34	67.5	60.74	60.7	60.98	70.87	38.67	67.83	62.9
Hf	3.69	3.98	4.09	4.65	4.83	4.95	5.99	5.51	3.7	8.42
Ba	1581	1159	1321	1257	1048	1336	1051	1130	1386	788.8
Sr	243	401	229	393	363	211	241	246	340	479.36
Cs	4.69	7.86	8.05	7.31	7.1	6.94	7.58	6.79	6.7	6.3
Ni	13.41	28.7	19.54	19.2	25.61	24.66	24.1	24.47	19.19	12.8

Sc	8.62	10.76	10.91	9.93	10.22	10.71	10.72	9.96	10.24	9.63
Rb	57.72	110	122	119	91.33	110	122	109	102.72	92.1
Fe	22948	31253	31403	28766	29358	29416	30713	30206	29534	28732
Zn	117.9	115	112	98	138	107	117	108	108	96.77
Co	8.79	12	11.7	9.67	11.2	10.2	11.27	10.7	11.35	10.75
Ta	0.59	0.81	1.05	0.86	1.07	0.88	1.12	1.03	1.05	1.14
Eu	0.84	0.94	1.04	1.02	1.14	1.02	1.14	1.06	0.93	1.05
Sb	1.42	2.01	1.84	1.69	1.99	3.59	1.81	1.54	4.35	2.5
Mn	500	570	550	470	635	510	570	565	540	520
Na	7200	10400	12500	13500	11900	12700	12700	13000	12700	10700
K	14100	21300	24100	22100	20600	24400	21600	22900	21600	19100

Заключение

Получены данные по содержанию элементов в почве исследуемых регионов, из которых следует, что во многих регионах повышены содержания мышьяка (7,5-9,9 мкг/г); цинка (98-138 мкг/г); кобальта (8,79-12 мкг/г); урана (3,2-10,5 мкг/г). Это связано с развитой промышленностью в этих регионах, а повышенные содержания кальция, натрия, калия - с характером самих почв.

Повышенные концентрации цинка, выявленные в некоторых районах, возможно, связаны с развитой промышленностью в данных районах (до 100 мкг/г); резко повышенные концентрации цинка (более 100 мкг/г) в изученных районах связаны с деятельностью Алмалыкского ГМК и Бекабадского металлургического комбината.

Повышение содержания урана по течению рек может быть объяснено не только воздействием бывших урановых производств (Янгиабад, Красногорск), но и выносом урана, содержащегося в фосфорных удобрениях промышленными водами. Полученные данные позволяют оценить экологическую ситуацию данных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисаченко Э.П. Промышленные отходы и выбросы как источник поступления природных радионуклидов // Радиоэкологическая безопасность России: Материалы конф., Санкт-Петербург, 20-22 июня 1995 года. - Челябинск, 1995. - С. 72
2. Музафаров А.М., Темиров Б.Р., Самтаров Г.С. Оценка влияния техногенных факторов на экологию региона. Горный журнал. Москва. 2013. №8.(1). – С.65-68.
3. Якунина И.В., Попов Н.С. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Тамбов – 2009. – 168 с.
4. Кист А.А. Феноменология биогеохимии и бионеорганической химии. - Т.: Фан, 1987. – 236с.
5. Веренчикова М.С., Гутько В.И., Хильманович А.М. Определение валового содержания химических элементов в почве // Экологический вестник, Минск, 2010, №2 (12), с.152–155.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

ANALYSIS OF THE IMPACT OF CHEMICAL INDUSTRY ENTERPRISES ON ATMOSPHERIC AIR

Е. В. Зайцева, И. А. Ровенская

E. V. Zaytseva, I. A. Rovenskaya

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ,

г. Минск, Республика Беларусь

yelena_zaytseva_2000@inbox.ru

Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

В работе приведен анализ одной из самых крупных отраслей промышленного комплекса Республики Беларусь – химической отрасли. Рассмотрена динамика валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников предприятий химической промышленности за 1995 – 2019 гг. Изучен перечень загрязняющих веществ в выбросах 7 различных отраслей предприятий химической промышленности. Установлен доминирующий по объёму загрязнитель в выбросах химических предприятий –