

**РАДИОНУКЛИДНЫЙ СОСТАВ И  
ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКАЯ  
ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИОАКТИВНЫХ  
ОТХОДОВ УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА  
ТАРКИБИ РАДИОНУКЛИДӢ ВА  
ТАСНИФОТИ ГИДРОГЕОХИМИЯВӢ  
ПАРТОВӢОИ РАДИАКТИВӢ  
ИСТЕӢСОЛОТИ УРАНӢ  
RADIONUCLIDE COMPOSITION AND  
HIDROGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS  
OF RADIOACTIVE WASTE FROM  
URANIUM PRODUCTION**

**Тиллобоев Хакиmdжон Ибрагимович**, доцент кафедры органической и прикладной химии ГОУ “ХГУ имени акад.Б.Фафурова (Таджикистан, Худжанд)

**Тиллобоев Хакиmчон Ибрагимович**, доцент кафедры химии органики ва амалии МДТ “ДДХ ба номи акад.Б.Фафуров (Тоҷикистон, Хучанд)

**Tilloboev Hakimjon Ibragimovich**, Associate Professor of the Department of Organic and Applied Chemistry, SEI “KhSU named after acad.B.Gafurov” (Tajikistan, Khujand),  
**E-mail:** tilloboev-2006@mail.ru

**Ключевые слова:** радионуклиды, тяжелые металлы, загрязнение, активность, изотопы радиометрия, проба, подземные воды, концентрация

В статье рассматриваются результаты оценки радионуклидного состава отходов уранового производства и загрязнения подземных вод в гидрографической сети. Исследованы основные причины загрязнения ближайших территорий хвостохранилища, которые происходят под влиянием метеорологических факторов распространения радиоактивных газов, пыли, аэрозолей, также миграция радионуклидов происходит в подземные воды. Миграция радионуклидов из хвостохранилища происходит в результате ветровой эрозии и переноса микрочастиц аэрозолей воздуха. Отходы бывших урановорудных предприятий, особенно не захороненные, представляют собой источники радиационного загрязнения прилегающих территорий и водных объектов. Перемещение радионуклидов в земную поверхность на значительные расстояния загрязняет прилегающие территории и подземные воды, что происходит в результате атмосферных осадков.

**ВожаӢои калидӢ:** радионуклидӢ, металлӢои вазнин, ифлосшавӢ, фаӢолият, изотопӢ, радиометрия, намуна, обӢои зеризаминӢ, консентратсия

Дар мақола натиҷаҳои арзёбии таркиби радионуклиди партовӢои истеҳсоли уран ва ифлосшавии обӢои зеризаминӢ дар шабакаи гидрографӣ баррасӣ мешавад. Омилҳои асосии ифлосшавии минтақаи наздиктарини партовгоҳҳо омӯхта шуда, зери таъсири омилҳои метеорологии паҳншавии газҳои радиоактивӣ, чанг, аэрозолҳо, ба обӢои зеризаминӣ ворид шудани радионуклидҳо мушоҳида карда шуд. Кӯчиши радионуклидҳо ва партовӢо дар натиҷаи эрозияи шамол ва интиқоли микроразрачаҳои аэрозолҳои ҳаво ба амал меояд. ПартовӢои собиқ корхонаҳои истихроҷи уран, хусусан корхонаҳои рӯйпӯш нагардида, манбаи ифлосшавии радиационӣ дар ҳудуди ҳамшафат ва объектҳои обӣ мебошанд. Ҳаракати радионуклидҳо ба сатҳи замин ба масофаҳои зиёд, ифлосгардидани минтақаҳои назиктарин дар натиҷаи боришҳо ба обӢои зеризаминӣ ба амал меояд.

**Key words:** radionuclides, heavy metals, pollution, activity, isotopes radiometry, sample, groundwater, concentration

The article discusses the results of assessing the radionuclide composition of uranium production waste and groundwater pollution in the hydrographic network. The main factors of contamination of the nearest tailings area have been studied, which occur under the influence of meteorological factors of the spread of radioactive gases, dust, aerosols, and the migration of radionuclides into groundwater. Migration of radionuclides and tailings occurs as a result of wind erosion and the transfer of micro particles of air aerosols. Waste from former uranium mining enterprises, especially those not buried, are sources of radiation pollution of adjacent territories and water bodies. The movement of radionuclide's into the earth's surface over significant distances, contaminating adjacent areas and migrating into groundwater as a result of precipitation.

Одним из основных источников радиоактивного загрязнения территорий размещения предприятий ядерно-топливного цикла являются естественные радионуклиды, которые образуются в процессе производства. Радиоактивные отходы представляют жидкие и твердые хвосты гидрометаллургической переработки руд и отвалами вскрышных и бедных пород. Миграция радионуклидов происходит в результате ветровой эрозии и перенос микрочастиц аэрозолей воздуха, а также перемещение радионуклидов в земную поверхность на значительные расстояния загрязняя прилегающие территории и мигрируя в подземные воды в результате атмосферных осадков. Основным фактором, формирующим техногенное загрязнение

прилегающей к хвостохранилищу территории, являются процессы ветрового выноса радиоактивного материала с его поверхности.

Жидкие отходы урановорудных объектов представляют собой в основном масса дренируемых подземные и сбрасываемые на рельеф поверхностные воды. В связи с этим, существенную опасность представляют радионуклиды, накапливающиеся в водах хозяйственно-питьевого назначения, в почве и илах донных отложений и местной гидрографической сети. Общая активность жидких отходов может достигать 10-50 Бк/дм<sup>3</sup> при ПДК для водоемов 0.111 Бк/дм<sup>3</sup> [1,с.282].

В результате добычи и переработки руд в Таджикистане накоплено около 55 млн.тхвостохранилищ и отвалах бедных руд, которое основная масса радиоактивных отходов сосредоточена на севере республики. Общая активность которых составляет свыше 6500 Ки в год. Проведение радиоэкологического мониторинга на этих объектах и их оценка воздействия на природную среду является актуальной задачей.

В данной работе приведены результаты исследований, которые выполнены на радиоактивных хвостохранилищах отходов уранового производства, относящиеся к категории «действующее», с целью получения данных о вещественном составе отходов и контроля их радиационной опасности.

Основную массу радиоактивных отходов составляет твердые отходы и для отбора проб были взяты твердые фракции отходов, которые выбраны в качестве объектов исследований. В отобранных пробах были определены радионуклидный состав и суммарную альфа- и бета-активность уранового ряда. В твердых пробах определены химический состав и радионуклиды [2, с.215]. Отбор проб и их подготовка к анализу проводились по общепринятой методике и рекомендации проведенных работ, изложенных в руководствах [3,с.206]. Радионуклидный состав и химические анализы были выполнены в лабораториях Агенства ХБРЯ при НАНТ.

В таблице 1 представлены содержание изотопов уранового ториевого ряда и суммарная активность твердых проб по объектам уранового производства.

**Таблица 1. Радионуклидный состав твердых отходов уранового производства**

№ пр	U,%	Th,%	Pb,%	α актив. Бк/кг	Ra <sup>226</sup> , Бк/кг	Ra <sup>228</sup> , Бк/кг	Th <sup>228</sup> , Бк/кг	Th <sup>227</sup> , Бк/кг
Д-1	0.0059	0.0024	0.034	42890	8504.2	58.6	74.1	372.7
Д-2	0.0039	0.0024	0.017	45000	6182.1	53.4	63.1	241.3
Д-3	0.0090	0.0043	0.041	105050	21193.7	160.5	169.4	780.6
Д-4	0.0028	0.0024	0.031	14540	1858.9	53.8	64.3	72.2
Д-5	0.0030	0.0019	0.011	1780	123.7	56.0	50.4	<24,8

**Таблица 2. Радионуклидный состав и химические анализы твёрдых отходов уранового производства**

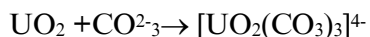
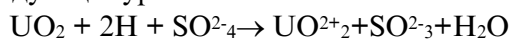
№ пробы	Ra <sup>223</sup> , Бк/кг	Cs <sup>137</sup> , Бк/кг	K <sup>40</sup> , Бк/кг	Pb <sup>210</sup> , Бк/кг	Th <sup>230</sup> , Бк/кг	Th <sup>234</sup> , Бк/кг	U <sup>235</sup> , Бк/кг	Pa <sup>231</sup> , Бк/кг
Д-1	400.2	<15.3	761	8105	8430	303	38.2	365
Д-2	268.5	<13.0	466	5074	6686	169	<15.3	251
Д-3	893.9	<41.6	443	28740	26787	414	149.8	975
Д-4	68.1	<3.3	1416	1354	967	195	13.0	74
Д-5	<15.6	<1.6	1244	77	<581	231	13.4	<27

Как видно из таблицы 1, образцы Д-1, Д-2 и Д-3 из Дигмайского хвостохранилища, в которых обнаружено высокое содержание урана, тория, удельной альфа-активности и радиоактивных изотопов, соответствуют к образцам высокой содержания радионуклидов. Проба Д-3, отобранная в центре хвостохранилища, указывает на максимальные значения активности исследованных изотопов и хорошо представлена фоне в качестве пробного эксперимента. Менее активные пробы получены из проб, отобранных Дигмайском хвостохранилище (Д-4, Д-5), так как пробы менее активны. Дигмайское хвостохранилище, которые не покрыты консервирующим слоем, что создает опасность радиоактивного загрязнения окружающей территории в случае с ветровой и водной эрозией.

Пылеобразные аэрозоли переносятся с поверхности хвостохранилища при ветровой эрозии, что приводит к их оседанию на местности и прилегающих территории. Водная эрозия приводит к тому, что хранящийся материал промывается и транспортируется на окружающую дальнюю территорию механическими путями, что приводит к его удалению их с площадки. Талые и ливневые воды имеют свойство поглощать и растворять радиоактивные отходы на

возвышенных участках отложения при ветровой эрозии, которые затем сметаются и накапливаются в пониженных участках рельефа.

Химические процессы преобладают над механической миграцией отходов хвостохранилищ и отвалов, в результате чего радиоактивные вещества переносятся между грунтовыми и поверхностными водами в растворимых формах, которые затем переосаждаются при изменении физико-химической обстановки в водных потоках. Чтобы иллюстрировать химическую миграцию, которая происходит при миграции таких веществ, как уран, можно использовать следующее уравнение:



В процессе диссоциации радиоактивные отходы урановых руд превращаются в анионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , они также встречаются в рудниках наряду с другими минеральными формами сульфидов и карбонатов растворимыми солями углекислого газа, которые являются источниками неорганических соединений в отходах уранового рудного производства [4, с.24]. Перемещение радиоактивного материала из отходов урановых руд на места добычи руды посредством механических и химических перемещений вызывает радиационное загрязнение огромных территорий, а также может представлять опасность для здоровья человека попадая в подземные водозаборы и поверхностные водоемы как бытового, так и питьевого назначения.

Цель нашего исследования оценка состояния систем водоснабжения, определение химического состава воды из скважины подземных водозаборов по г. Бустона, г.Худжанда и на правом берегу реки Сыр-Дарья. Результаты микроэлементного состава проб воды и их объемной активности по радионуклидам Рb-210, Po-210 и Ra-226 приведены в таблице 3.

**Таблица 3. Содержание микроэлементов в образцах воды, мкг/дм<sup>3</sup>**

№ п/п	Элемент	Бустон	Худжанд	Проба воды из горводоканала	ПДК
1	2	3	4	5	6
1	Mg	63020	113095	18240	940000
2	Cl	232825	357530	25070	
3	Cu	241	<10	0.7	1000
4	Mn	48.0	14.4	0.7	100
5	Na	72960	132930	-	200000
6	Ca	38400	136650	33200	180000
7	U	233	7.54	н/обн	1800
8	Lu	0.0076	0.018	-	-
9	Au	0.0149	0.0125	-	-
10	Br	13.2	31.2	-	200
11	La	0.098	0.196	0.013	
12	Mo	1.42	4.51	н/обн	250
13	Se	0.86	1.37	-	10
14	Hg	0.018	0.158	-	0.5
15	Cr	1.09	1.45	-	50
16	Ag	0.15	0.099	-	50
17	Sr	7.11	1010	110	7000
18	Sc	0.013	0.0086	-	
19	Rb	1.6	4.3	-	100
20	Fe	439	68	120	300
21	Zn	240	20.8	н/обн	1000
22	Co	0.093	0.113	-	100
23	Sb	0.068	1.4	-	50
24	Hf	0.034	0.029	-	
25	Ba	34.9	20.2	-	100
26	Ni	<10	11.3	-	100
27	Ge	0.32	10.1	-	10

Таблица 4. Определение объемной активности Pb-210, Po-210, Ra-226, Бк/дм<sup>3</sup>

№		Pb-210	Po-210	Ra-226
1	Бустон	0.00	0.01	0.033
2	Худжанд	0.00	0.01	0.033
ПДК		2.85	14.4	2.0

Анализ табличных данных показывает, что контролируемые элементы содержат ограниченное количество радиоактивных изотопов и элементов, что приводит к ограничению допустимых уровней контролируемых элементов. Пробы, взятые из города Худжанда, показывают повышение уровня магния, натрия и кальция, что указывает на более высокую концентрацию этих элементов по сравнению с исходными уровнями. Концентрации этих элементов в 2-2,5 раза (Ca, Mg, Na, K, Cl и S) превышают их содержание в пробах, отобранных в городе Бустоне. Изменения химического состава природных вод в г. Худжанде происходит из-за влияния гор Могол-Тау, которые сложены магматическими, осадочными породами и расположены вблизи входа в горный массив [5, с.326].

В процессе миграции вод водоносных горизонтов гор Могол – Тау, относящихся к основным поставщикам водозаборов правобережья г. Худжанда, происходит выщелачивание этих элементов из горных пород.

На наш взгляд, на основании полученных данных можно сделать следующие выводы - отходы бывших урановорудных предприятий, особенно не захороненные, представляют собой источники радиационного загрязнения прилегающих территорий и гидрографической сети;

- загрязняющие элементы в горные породы поступают в результате миграции с водами из водоносных горизонтов гор Могол-Тау, которые являются основными источниками воды для правобережья Худжанда, а затем переносятся осадками вниз по течению.

На основании полученных данных можно сделать выводы, что при добыча урановой руды бывшими урановорудными предприятиями образовалось значительное количество радиоактивных отходов, особенно теми, которые находятся близко на расстоянии от объекта приводит к радиационному загрязнению гидрографической системы. Выбросы из урановых рудников могут представлять, как основным фактором обуславливающие загрязнение территорий, пылевым разносом и водной миграции радиоактивных изотопов. С целью снижения отрицательного воздействия отходов, бывших урановорудных предприятий на природную среду необходима инженерно-радиологическая оценка состояния хвостохранилищ и отвалов, разработка и реализация мероприятий по их захоронению и реабилитации ранее загрязненных территорий.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Мосинец, В.Н. Радиоактивные отходы уранодобывающих предприятий и их воздействие на окружающую среду, -1991/В.Н.Мосинец.- М.: Атомная энергия, том 70, вып. 5.- С.282 – 288.
2. Титаева, Н.А. Ядерная химия/Н.А.Титаева.-М.: МГУ, 2000.- 215с.
3. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картированию М 1: 50000 – 1:25000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990,- 206с.
4. Методические рекомендации, методика выполнения измерения. «Подготовка проб природных вод для измерения суммарной альфа- и бета- активности». – М.: НПП «Доза», 1997,- 24 с.
5. Польшванов, Б. Б. Кора выветривания. Избранные труды/Б.Б.Польшванов.-М.:Издательство АН СССР, 1956,- 326с.

#### REFERENCES:

1. Mosinets V.N. Radioactive waste from uranium mining enterprises and their impact on the environment, -1991 M.: Atomic Energy, V.70. Issue 5, P. 282-288.
2. Titaeva N.A. Nuclear chemistry. – M.: MSU, 2000. 215 p.
3. Requirements for geological and environmental research and mapping M 1: 50,000 – 1: 25,000. M.: VSEGINGEO, 1990. 206 p.
4. Methodological recommendations, measurement techniques. “Preparation of natural water samples for measuring total alpha and beta activity.” – M.: Dose, 1997, 24 p.
5. Polyvanov B.B. Weathering bark. Selected works - M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1956, 326 p., hydrochemistry. Dushanbe: Er-Graph, 2018. - 63 p. 120 p.