

**УДК 504.06; 621.039.8.**

АСАДОВА Г.А., ассистент (НГГТУ), КУВВАТОВА М.А., ассистент (НГГТУ),  
ТОГАЕВ Б.С., докторант (СамГУ), САЛИМОВ Ш.Г., начальник лаборатории  
по решению проблемы водообеспечение (НГМК), СОЛИЕВ Т.И., PhD т.н.,  
старший преподаватель (НГУ), АЛЛАБЕРГАНОВА Г.М., PhD х.н., доцент  
(НГГТУ), МУЗАФАРОВ А.М., д.х.н., профессор (НГГТУ).

## **РАДИАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В РАЙОНЕ НАХОЖДЕНИЙ ТЕХНОГЕННЫХ УРАНСОДЕРЖАЩИХ РУД**

Бедные ураносодержащие руды имеют в своем составе радионуклиды в различных содержаниях. Последние испускают вредное ионизирующее излучение, негативно влияющее на окружающую среду и на человеческое здоровье. Определение значения радиационных показателей в ураносодержащих рудах является актуальным вопросом с точки зрения радиационной физики и радиоэкологии [1-3].

Приведены результаты определения таких радиационных показателей, как значение мощности экспозиционной дозы (МЭД), эквивалентная равновесная объёмная активность (ЭРОА), объёмная активность долгоживущих альфа-нуклидов (ДАН), плотность потока радона (ППР), удельная активность каждого радионуклида, удельная эффективная активность ( $A_{\text{эфф}}$ ) и суммарная удельная альфа-активность. Полученные данные сопоставлены с паспортными данными стандартных образцов и нормированными данными, установленными в международных (МКРЗ, МАГАТЭ, ООН, ВОЗ и т.д.) и республиканских (СанПиН, О'zDst, ГОСТов и т.д.) документах [4-6].

Бедные ураносодержащие руды являются радиационными объектами и оказывают радиационное влияние на всё, что находится вокруг их месторасположения. За счет данного радиационного влияния увеличивается значение естественного гамма-фона. Ураносодержащие руды оказывают дополнительное влияние на радиационную обстановку местности, воздействуя в том числе на распределение и поведение различных радионуклидов. В бедных ураносодержащих рудах содержится более 15 радионуклидов — это  $^{234}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$  и другие радионуклиды цепочки распада урана. Бедные ураносодержащие руды имеют ряд радиационных показателей, таких как значение мощности экспозиционной дозы (МЭД), эквивалентная равновесная объёмная активность (ЭРОА), объёмная активность долгоживущих альфа-нуклидов (ДАН), плотность потока радона (ППР), удельная активность каждого радионуклида, удельная эффективная активность ( $A_{\text{эфф}}$ ) и суммарная удельная альфа-активность.

Целью исследования является определение вышеперечисленных ядерно-физических характеристик и радиационных показателей бедных ураносодержащих руд, так как данное исследование предоставляет научно-практический интерес с точки зрения ядерной физики, ядерной аналитики и радиоэкологии [7-10].

**Техника и методика эксперимента.** Для достижения цели определены вышеупомянутые ядерно-физические характеристики и радиационные показатели в бедных урансодержащих рудах, что было необходимо для реализации задачи комплексной оценки радиационной обстановки в данном районе. Определение значения мощности экспозиционной дозы МЭД на различных точках наблюдений проведены прямым измерением на приборе ДКС-96; значение плотности потока радона на поверхности и на различных глубинах урансодержащих руд проведены измерением на приборе Альфарад; значение эквивалентной равновесной объёмной активности радона в урансодержащих рудах проведены на приборе «ПОИСК». Определение содержания  $^{238}\text{U}$  проводили рентгенофлуоресцентным методом на приборе типа АРФ-7, позволяющим количественно определить химические элементы в диапазоне от Mn до U в твердых и порошковых пробах при их содержаниях от 0.00015% (1,5 г/т). Для анализа проб их высушивали в сушильных шкафах при температуре 80°C в течение 1 часа и истерли на лабораторном истирателе марки ИДА-250. Пробы урансодержащих руд отбираются в пяти местах параллельно навеской по 15 грамм, засыпаются в кювет, устанавливаются в измерительную ячейку рентгенофлуоресцентного анализатора АРФ-7, после чего в них определяется количество урана.

**Полученные результаты и их обсуждение.** В 50 пробах, отобранных из бедных урансодержащих руд, определены концентрации  $^{238}\text{U}$ . Полученные результаты по определению содержания  $^{238}\text{U}$  в 5 параллельных пробах приведены в таб. 1. Из отобранных 50 проб сформировано 10 проб для анализа. Результаты анализов по определению содержаний  $^{238}\text{U}$  в пробах бедных урансодержащих руд также приведены в таб. 1.

Таблица 1. Результаты анализов по определению содержаний  $^{238}\text{U}$  в пробах бедных урансодержащих руд

№ проб	Содержание U в параллельных пробах, (%)					U <sub>ср</sub> , %
	1	2	3	4	5	
1	0,0194	0,0197	0,0196	0,0193	0,0195	0,0197
2	0,0227	0,0234	0,0231	0,0229	0,0233	0,0243
3	0,0109	0,0101	0,0110	0,0102	0,0104	0,0098
4	0,0069	0,0067	0,0060	0,0063	0,0064	0,0061
5	0,0111	0,0112	0,0099	0,0103	0,0107	0,0109
6	0,0164	0,0169	0,0163	0,0159	0,0164	0,0167
7	0,0147	0,0143	0,0150	0,0151	0,0147	0,0145
8	0,0218	0,0219	0,0210	0,0211	0,0214	0,0214
9	0,0126	0,0123	0,0127	0,0125	0,0126	0,0128
10	0,0291	0,0289	0,0288	0,0290	0,0290	0,0293

Как видно из полученных результатов (таб. 1), в 10 пробах бедных урансодержащих руд содержание  $^{238}\text{U}$  изменяется в диапазоне от 0,0061% до

0,0290% (в среднем). Содержание урана в данных параллельных пробах оказалось примерно на одинаковом уровне и различается незначительно.

Кроме определения содержаний урана в бедных урансодержащих рудах экспериментально определены значения удельной активности естественных радионуклидов и эффективной удельной альфа-активности. Полученные результаты по определению удельной активности естественных радионуклидов и эффективной удельной альфа-активности проб бедных урансодержащих руд приведены в таб. 2.

Таблица 2. Результаты удельной активности естественных радионуклидов и эффективной удельной альфа-активности проб бедных урансодержащих руд

№ проб	Удельная активность ЕРН в пробах, Бк/кг			$A_{\text{эфф}}$ , Бк/кг
	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$	
<b>1</b>	487	198	33	287
<b>2</b>	1063	97	37	241
<b>3</b>	1988	2480	86	2772
<b>4</b>	1350	71	43	249
<b>5</b>	1468	6861	73	7089
<b>6</b>	837	1971	45	2105
<b>7</b>	812	1617	40	1742
<b>8</b>	995	1772	49	1914
<b>9</b>	1468	6883	79	7112
<b>10</b>	837	2017	41	2210

Как видно из результатов, приведенных в таб. 2, значения удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН) в отобранных пробах бедных урансодержащих руд составляют: для  $^{40}\text{K}$  — в диапазоне от 33 Бк/кг до 86 Бк/кг, для  $^{226}\text{Ra}$  — в диапазоне от 487 Бк/кг до 1988 Бк/кг, для  $^{232}\text{Th}$  — в диапазоне от 71 Бк/кг до 6883 Бк/кг,  $A_{\text{эфф}}$  — в диапазоне от 241 Бк/кг до 7112 Бк/кг.

После изучения ядерно-физических характеристик бедных урансодержащих руд были исследованы радиационные показатели. Значение мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучений является первичным фактором, показывающим степень влияния радионуклидов на радиационную обстановку местности в районе местонахождения бедных урансодержащих руд. Для оценки явного влияния бедных урансодержащих руд на радиационную обстановку значение мощности экспозиционной дозы (МЭД) измеряли в более чем 120 точках, находящихся на различных расстояниях друг от друга. В ходе исследования определено, что на местонахождениях бедных урансодержащих руд значения МЭД распределены неравномерно и находятся в диапазоне от 2,27 мкЗв/час до 3,86 мкЗв/час. Данный факт подтверждает, что на местонахождениях бедных урансодержащих руд поверхностная часть почвы загрязнена неравномерно.

На местонахождениях бедных урансодержащих руд значение МЭД меняется в диапазоне от 2,52 мкЗв/час до 4,13 мкЗв/час. Найдена линейная взаимосвязь между значением мощности экспозиционной дозы и количеством радионуклидов в данных бедных урансодержащих рудах. Чем больше количество радионуклидов в бедных урансодержащих рудах, тем больше в них значение МЭД.

Такая картина наблюдается и с остальными радиационными показателями, такими как эквивалентная равновесная объёмная активность (ЭРОА), объёмная активность долгоживущих альфа-нуклидов (ДАН), плотность потока радона (ППР), удельная эффективная активность ( $A_{\text{эфф}}$ ) и суммарная удельная альфа-активность.

В таблице 3 приведены результаты определения значений МЭД, ЭРОА, ДАН, ППР, удельной активности радионуклидов,  $A_{\text{эфф}}$  и суммарной удельной альфа-активности в районе нахождений бедных урансодержащих руд.

**Таблица 3. Результаты определение значений МЭД, ЭРОА, ДАН, ППР,  $A_{\text{эфф}}$ , суммарной удельной альфа-активности в районе местонахождений бедных урансодержащих руд**

№	МЭД мкЗв/час	ЭРОА мБк/м <sup>3</sup>	ДАН, мБк/м <sup>3</sup>	ППР, мБк/ сек·м <sup>2</sup>	$A_{\text{эфф}}$ , Бк/кг	Суммарной удельной альфа- активности, Бк/кг
1	5,98	15	12	32124	2867	43212
2	5,76	17	10	30898	2698	43089
3	6,41	23	15	41521	2905	44152
4	9,83	11	9	43527	2706	42352
5	11,45	16	11	38765	2818	43876
6	12,5	18	13	43212	1867	36124
7	13,2	12	10	43089	2098	38089
8	14,3	14	12	45521	1905	34152
9	15,1	15	14	39527	2206	34352
10	16,3	16	13	40386	2118	33876
11	4,18	15	10	18212	1086	22321
12	4,87	10	9	20877	1098	23089
13	5,11	11	11	22415	1229	22415
14	6,82	13	8	24352	1321	23527
15	9,48	12	103	21387	1177	23876

Как видно из результатов, приведенных в таб. 3, значения МЭД изменились от 4,8 мкЗв/час до 6,15 мкЗв/час, значения ЭРОА изменились в диапазоне от 11 мБк/м<sup>3</sup> до 23 мБк/м<sup>3</sup>, значения ДАН изменились в диапазоне от 10 мБк/м<sup>3</sup> до 15 мБк/м<sup>3</sup>, значения ППР изменились в диапазоне от 30898 мБк/сек·м<sup>2</sup> до 45521 мБк/сек·м<sup>2</sup>, значения  $A_{\text{эфф}}$  изменились в диапазоне от 2698 Бк/кг до 2905 Бк/кг и

значения суммарной удельной альфа-активности изменились в диапазоне от 42352 Бк/кг до 43876 Бк/кг.

На основе исследования ядерно-физических характеристик в 10 пробах бедных урансодержащих руд определены содержание  $^{238}\text{U}$  в диапазоне от 0,0061% до 0,0290% (в среднем). Значение удельной активности естественных радионуклидов ЕРН составляет: для  $^{40}\text{K}$  — в диапазоне от 33 Бк/кг до 86 Бк/кг, для  $^{226}\text{Ra}$  — в диапазоне от 487 Бк/кг до 1988 Бк/кг, для  $^{232}\text{Th}$  — в диапазоне от 71 Бк/кг до 6883 Бк/кг,  $A_{\text{эфф}}$  — в диапазоне от 241 Бк/кг до 7112 Бк/кг. Содержание урана в данных параллельных пробах оказались на одинаковом уровне и различаются незначительно.

Полученные результаты по определению значений МЭД, ЭРОА, ДАН, ППР,  $A_{\text{эфф}}$  и суммарной удельной альфа-активности на местонахождениях бедных урансодержащих руд не превышает значений установленных норм.

#### Список литературы:

1. Возжеников Г.С., Белишев Ю.В. Радиометрия и ядерная геофизика. Учебное пособие. - Екатеринбург: 2006. – 418 с.
2. Нестеров Ю.В. Иониты и ионообмен. Сорбционная технология при добыче урана и других металлов методом подземного выщелачивания // ООО «ЮНИКОР-ИЗДАТ», - М.: 2007. - 480 с.
3. Хакимов Н., Назаров Х.М., Мирсаидов И.У. Физико-химические и технологические основы переработки отходов урановой промышленности // - Душанбе: Дониш, 2011. -125 с.
4. «Нормы радиационной безопасности (НРБ-2006) и основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-2006). - Ташкент.: 2006. - 86 с.
5. «Санитарные правила ликвидации, консервации и перепрофилирования предприятий по добыче и переработке урановых руд (СП-ЛПК-98)» СанПиН №0079-98.- Ташкент: 2008. - 54 с.
6. «Санитарные правила эксплуатации геотехнологических рудников (СПЭГТР – 2018)» СанПиН РУз №0360-18. - Ташкент.: 2006. - 86 с.
7. Музаров А.М., Аллаберганова Г.М., Кулматов Р.А. Оценка радиационной опасности урановых предприятий для объектов окружающей среды // XXI век. Техносферная безопасность. Москва, Том 6. №1., 2021. - С. 94-102
8. Музаров А.М., Кулматов Р.А. Ражаббоев И., Ёкубов О.М. Способ дезактивации загрязненных радионуклидами почв, отобранных из участков подземного выщелачивания урана // Горный информационно аналитический бюллетень. «Физика-химическая геотехнология-инновации и тенденции развития». 2021. (3-1): - С. 110-118
9. Култышев В.И., Голик В.И. История и перспективы выщелачивания урана // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. № 7. – С. 138–143.
10. Голик В.И. Цидаев Т.С., Цидаев Б.С. Повышение эффективности добычи руд на основе комбинирования традиционных и инновационных технологий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – № 4. – С. 11–18.