

УДК: 621.039.8; 539.183.2

doi 10.70769/3030-3214.SRT.2.4.2024.41

ОЦЕНКА РАДИАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕДНЫХ УРАНСОДЕРЖАЩИХ РУД ДЛЯ ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИХ К ПЕРЕРАБОТКИ МЕТОДОМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ



**Назаров Жамолiddин
Тошкулoвич**

к.ф.-м.н., доцент кафедры
«Общая физика» НГТУ,
Навоий, Узбекистан



**Музаффаров Амрилло
Мустафаевич**

Доктор химических наук,
профессор кафедры «Общая
физика» НГТУ,
Навоий, Узбекистан



**Умаров Фарходбек
Яркулович**

Доктор технических наук,
профессор, директор филиала
национального исследовательского
технологического университета
«МИСИС», Алматы, Узбекистан



**Аллаберганова
Гулчехра Машариповна**

(PhD), доцент кафедры «Общая
физика» НГТУ, Навоий,
Узбекистан

Аннотация. В данной статье приведены результаты оценки радиационных показателей бедных урансодержащих руд для привлечения их к переработки методом физико-химической геотехнологии. В лабораторных условиях определены концентрации общего урана, методом рентгенофлуоресцентного анализа, удельной активности - ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K методом гамма-спектрометрического анализа. Полученные данные сопоставлены с паспортными данными стандартных образцов и нормированными данными установленных в Международных (МКРЗ, МАГАТЭ, ООН, ВОЗ и т.д.) и Республиканских (СанПиН, О'zDst, ГОСТов и т.д.) документах. На основании полученных данных выбраны методы переработки физико-химической геотехнологии данных руд.

Ключевые слова: радионуклидный состав горных пород, радиационные свойства, рентгенофлуоресцентный метод анализа, радионуклид химического элемента.

KAM BOYITILGAN URAN TARKIBLI RUDALARNING RADIATSION KO'RSATKICHLARINI BAHOLASH VA ULARNI FIZIK-KIMYOVIY GEOTEKNOLOGIYA USULI BILAN QAYTA ISHLASH UCHUN JALB QILISH

**Nazarov Jamolliddin
Toshqulovich**

f.-m.f.n., Navoiy davlat konchilik va
texnologiya universiteti "Umumiy
fizika" kafedrası dotsenti,
Navoiy, O'zbekiston

**Muzaffarov Amrillo
Mustafayevich**

Kimyo fanlari doktori, Navoiy
davlat konchilik va texnologiya
universiteti "Umumiy fizika"
kafedrası professori,
Navoiy, O'zbekiston

**Umarov Farhodbek
Yarkulovich**

Texnika fanlari doktori, professor,
Milliy tadqiqot texnologiya
universiteti "MISiS" Olmaliq filiali
direktori,
Olmaliq, O'zbekiston

**Allaberganova
Gulchehra
Masharipovna**

(PhD), Navoiy davlat konchilik va
texnologiya universiteti "Umumiy
fizika" kafedrası dotsenti,
Navoiy, O'zbekiston

Annotatsiya. Ushbu maqolada kambag'al uran tarkibli rudalarning fizik-kimyoviy geotexnologiya usuli yordamida qayta ishlashga jalb etish uchun radiatsion ko'rsatkichlari baholash natijalari keltirilgan. Laboratoriya sharoitida umumiy uranning konsentratsiyasi rentgenoflyuorestsent analiz usuli bilan, ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K izotoplarining o'ziga xos faolligi esa gamma-spektrometrik analiz usuli bilan aniqlandi. Olingan ma'lumotlar standart namunalar pasport ma'lumotlari va xalqaro (ICRP, MAGATE, BMT, JSST va boshqalar) hamda respublika (SanPiN, O'zDst, GOST va boshqalar) hujjatlarida belgilangan me'yoriy ko'rsatkichlar bilan taqqoslandi. Ushbu ma'lumotlarga asoslanib, ushbu rudalarni fizik-kimyoviy geotexnologiya yordamida qayta ishlash usullari tanlandi.

Kalit so'zlar: tog' jinslarining radionuklid tarkibi, radiatsion xususiyatlar, rentgenoflyuorestsent analiz usuli, kimyoviy element radionuklidlari.

ASSESSMENT OF RADIATION INDICATORS OF LOW-GRADE URANIUM-BEARING ORES FOR THEIR UTILIZATION IN PROCESSING BY THE PHYSICO-CHEMICAL GEOTECHNOLOGY METHOD

**Nazarov Jamolliddin
Toshkulovich**

Ph.D. in Physical and
Mathematical Sciences, Associate
Professor of the "General Physics"
Department, Navoi State Mining
and Technology University,
Navoi, Uzbekistan

**Muzaffarov Amrillo
Mustafayevich**

Doctor of Chemical Sciences,
Professor of the "General Physics"
Department, Navoi State Mining
and Technology University,
Navoi, Uzbekistan

**Umarov Farhodbek
Yarkulovich**

Doctor of Technical Sciences,
Professor, Director of the National
Research and Technology
University "MISiS" branch Almalyk,
Almalyk, Uzbekistan

**Allaberganova
Gulchehra
Masharipovna**

PhD, Associate Professor of the
"General Physics" Department,
Navoi State Mining and Technology
University,
Navoi, Uzbekistan

Abstract. This article presents the results of assessing the radiation indicators of low-grade uranium-containing ores for their processing by the physico-chemical geotechnology method. In laboratory conditions, the concentrations of total uranium were determined using the X-ray fluorescence analysis method, and the specific activity of ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K was determined using gamma-spectrometric analysis. The obtained data were compared with the passport data of standard samples and normalized data established in International (ICRP, IAEA, UN, WHO, etc.) and National (SanPiN, O'zDst, GOST, etc.) documents. Based on the obtained data, methods for processing these ores by physico-chemical geotechnology were selected.

Keywords: radionuclide composition of rocks, radiation properties, X-ray fluorescence analysis method, chemical element radionuclide.

Введение. Для привлечения бедных урансодержащих руд к переработки методом физико-химической геотехнологии требуется определения радионуклидного состава и радиационного свойства данных руд. Требуется опре-

деления содержания основного металла - урана и естественных радионуклидов - ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K . Основной целью из данного исследования является выбор метода физико-химической геотехнологии переработки данных руд [1-6].

Определение содержания основного металла - урана и ряд естественных радионуклидов - ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K для выбора метода физико-химической геотехнологии переработки бедных урансодержащих руд и оценки их радиационных показателей являются актуальной задачей геотехнологии, аналитической химии, прикладной ядерной физике и радиоэкологии [7-10].

Целью данной исследование являлись оценки радиационных показателей бедных урансодержащих руд для привлечения их к переработки методом физико-химической геотехнологии.

Для достижения данной цели анализированы пробы бедных руд на содержания урана и радионуклидного состава и на основе полученных данных провести выбора методом физико-химической геотехнологии.

Анализ литературы и методы. *Техника и методика эксперимента* в отобранных пробах бедных урансодержащих руд определены содержания урана и радионуклидный состав методом рентгенофлуоресцентного анализа на приборе EDX-7000 (SHMADZU, Япония) и удельной активности радионуклидов - ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{40}K методом гамма-спектрометрического анализа на приборе «Гамма прогресс».

Результаты. Полученные результаты и их обсуждений в отобранных 140 проб бедных урансодержащих руд определены содержания урана и радионуклидный состав. Полученные результаты по определению содержания урана в 5-ти параллельных пробах приведены в таб. 1. Из анализированных 140 проб сформированы 14 проб сильно отличающиеся друг от друга по содержанию

урана, результаты которого приведены в таб. 1.

Таблица 1.

**Результаты по определены
содержаний урана
рентгенофлуоресцентным методом
анализа урана в 14 пробах бедных
урансодержащих руд**

№ проб	Содержание U в параллельных пробах, (%)					U _{ср} %
	1	2	3	4	5	
1	0,0197	0,0194	0,0197	0,0196	0,0193	0,0195
2	0,0243	0,0227	0,0234	0,0231	0,0229	0,0233
3	0,0098	0,0109	0,0101	0,0110	0,0102	0,0104
4	0,0161	0,0169	0,0167	0,0160	0,0163	0,0164
5	0,0109	0,0111	0,0112	0,0099	0,0103	0,0107
6	0,0167	0,0164	0,0169	0,0163	0,0159	0,0164
7	0,0145	0,0147	0,0143	0,0150	0,0151	0,0147
8	0,0214	0,0218	0,0219	0,0210	0,0211	0,0214
9	0,0128	0,0126	0,0123	0,0127	0,0125	0,0126
10	0,0393	0,0391	0,0389	0,0388	0,0390	0,0390
11	0,0128	0,0125	0,0131	0,0130	0,0132	0,0129
12	0,0196	0,0199	0,0197	0,0196	0,0192	0,0196
13	0,0234	0,0238	0,0239	0,0230	0,0231	0,0234
14	0,0198	0,0196	0,0193	0,0107	0,0195	0,0196

Как видно из полученных результатов таб. 1 из отобранных 140 пробах бедных урансодержащих руд по определены содержания урана рентгенофлуоресцентным методом анализа урана содержания урана изменяется в диапазоне от 0,0104% до 0,0390% в среднем.

Проанализированы пробы бедных урансодержащих руд для определения концентрации порообразующих химических элементов методом рентгенофлуоресцентного анализа.

На рис.1. изображен зависимость энергия порообразующих химических элементов от количества импульсов в минуту.

Как видно из зависимости приведенное на рис. 1 самым главным порообразующим химическим элементом в пробах бедных урансодержащих руд является - SiO_2 . Результаты определенное рентгенофлуоресцентным ме-

***Результаты определения
концентрации порообразующих
химических элементов в пробах
бедных урансодержащих руд методом
рентгенофлуоресцентного анализа***

№ проб	SiO ₂	K	Al	Fe	Ca	Mn	S	Ti	Cr	Zn
1	91,7	2,5	2,4	1,5	0,8	0,4	0,4	0,2	0,018	0,015
2	90,9	2,9	2,2	1,8	1,1	0,6	0,7	0,3	0,019	0,021
3	91,6	2,6	2,3	1,9	1,2	0,7	0,5	0,1	0,021	0,019
4	92,1	2,1	2,1	1,7	1,0	0,3	0,4	0,3	0,023	0,018
5	90,5	2,8	2,0	1,6	0,9	0,2	0,4	0,2	0,017	0,023
Предел определения	-	-	-	-	0,001	0,002	-	0,002	0,005	0,01

***Результаты удельной активности
естественных радионуклидов и
эффективной удельной альфа-
активности проб бедных
урансодержащих руд***

№ проб	Удельная активность ЕРН в пробах, Бк/кг			Аэфф, Бк/кг
	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	
1	487	198	33	287
2	1063	97	37	241
3	1988	2480	86	2772
4	1350	71	43	249
5	1468	6861	73	7089
6	837	1971	45	2105
7	812	1617	40	1742
8	995	1772	49	1914
9	1468	6883	79	7112
10	837	2017	41	2210
11	812	1998	33	1874
12	995	2072	74	2191
13	1095	1972	79	2014
14	1668	6987	83	8711

На основании полученных результатов радиационных показателей бедных урансодержащих руд анализировались разные существующие технологии выщелачивание урана, технологические схемы

и установки, для выбора метода физико-химической геотехнологии к переработки данных руд.

Предлагаемая технологическая схема и её принцип действие состоит по следующей последовательности: – бедные урансодержащие руды с рабочем раствором состоящий из смеси – $H_2O + H_2SO_4$ с концентрацией H_2SO_4 – 10 г/л (20 г/л, 30 г/л и 40 г/л), до Т:Ж в соотношении 1:3 загружается в бункер и в течение 1 часа времени перемешивается для выщелачивания урана [8].

Полученную в процессе выщелачивание – пульпу направляют на фильтрацию. Твёрдая фаза полученная при фильтрации промывают водой до Т:Ж в соотношении 1:1, жидкая фаза – ураносодержащего раствора отправляет в ёмкость для сбора ураносодержащего раствора. Промытая водой на фильтре твёрдая фаза очищенная от радионуклидов складирует. Жидкая фаза образованная при промывке твёрдой фазы водой собирают в ёмкость – (8) для сбора ураносодержащего раствора. Вторая партия и последующие партии бедных урансодержащих руд перерабатываются такой же последовательностью. После 3 – раза обратного использования жидкой части ураносодержащего раствора в процессе переработки бедных урансодержащих руд из ёмкости для сбора ураносодержащего раствора отправляется в ёмкость для продуктивного раствора для подачи в сорбции.

Пробы после выщелачивание урана из бедных урансодержащих руд, переработанное по вышеприведенной последовательности высушивает и в них определяют содержание урана. В таб.4. приведены результаты по определению урана в

исходных пробах и пробах после переработки бедных урансодержащих руд.

Таблица 4.

Результаты по определению концентрации урана в исходных пробах и пробах после переработки бедных урансодержащих руд

№ проб	Концентрация урана в исходных пробах - г/т	Концентрация урана в пробах после переработки - г/т
1	243,5	72,4
2	234,2	69,2
3	209,3	64,6
4	205,1	59,7
5	198,6	62,4
6	193,4	61,1
7	189,8	57,5
8	189,3	58,3
9	188,6	57,9
10	176,5	53,8
11	175,6	52,7
12	171,2	54,1
13	159,7	47,3
14	147,1	46,7

Как видно, из результатов, приведенных в таб. 3. концентрация урана в 14 исходных пробах изменится в определенном диапазоне. То есть, концентрация урана изменится в среднем от 129,7 г/т до 243,5 г/т. Концентрация урана в пробах бедных урансодержащих руд после переработки изменится в пределах в среднем от 43,2 г/т до 69,6 г/т. Кларковое содержание урана в горных породах составляет 80 г/т. Из полученных результатов видно, что в пробах бедных урансодержащих руд после переработки концентрация урана в них составляет от 43,2 г/т до 69,6 г/т и данные показатели намного меньше чем Кларковое содержания.

Полученные результаты таб.4. Показывает, что выбранный вышеприведен-

ный метод физико-химической геотехнологии является один из эффективных и пригодных к применению в условиях переработки бедных урансодержащих руд. В общем, содержание урана во всех переработанных пробах уменьшается приблизительно на 75%.

В ходе проведения исследований извлечения урана по методу физико-химической геотехнологии из бедных урансодержащих руд, изучено зависимости количества извлеченного урана от концентрации серной кислоты применяемое для выщелачивания урана. На основании полученных данных построен график зависимости рис. 2. зависимости количества извлеченного урана от концентрации серной кислоты применяемое для выщелачивания урана. Как видно из рис. 2. имеется линейная зависимости количества извлеченного урана от концентрации серной кислоты. То есть с увеличением концентрации кислоты и увеличивается количества извлеченного урана из бедных урансодержащих руд. Кроме этого количества извлеченного урана и зависит от исходного содержания урана в исходной пробе.

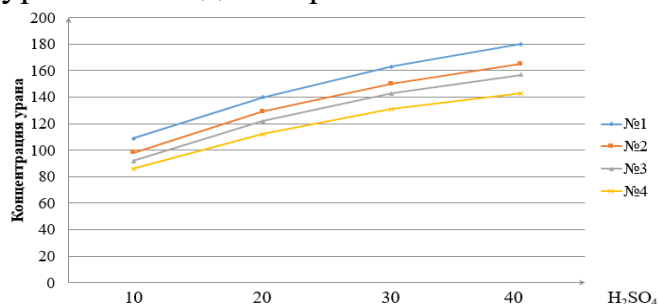


Рис.2. График зависимости количества извлеченного урана от концентрации серной кислоты.

Из приведенных на рис.2. видно, что в линиях - 1, 2, 3, 4 приведены кон-

центрации серной кислоты и они изменяться в диапазоне от 10 г/л до 40 г/л. Также, видно что с увеличением концентрации серной кислоты в рабочем растворе увеличиться количества извлеченного урана в среднем от 85,0 г/т до 180,0 г/т. В образце 1 количества извлеченного урана при концентрации серной кислоты от 10 г/л до 40 г/л изменяться диапазоне от 85,0 г/т до 122,0 г/т, в образце 2 количества извлеченного урана при концентрации серной кислоты от 10 г/л до 40 г/л изменяться диапазоне от 92,0 г/т до 156,0 г/т, в образце 3 количества извлеченного урана при концентрации серной кислоты от 10 г/л до 40 г/л изменяться диапазоне от 98,0 г/т до 165,0 г/т и в образце 4 количества извлеченного урана при концентрации серной кислоты от 10 г/л до 40 г/л изменяться диапазоне от 110,0 г/т до 180,0 г/т.

Кроме него из рис. 2. видно, что чем выше содержание урана в исходной руде и концентрация серной кислоты, используемой для эффективного выщелачивания урана серной кислотой, тем интенсивнее идет процесс выщелачивания. Повышение концентрации серной кислоты более чем на 40 г/л считается экономически нецелесообразным. В этом случае цена полученного продукта увеличится.

Закключение. Таким образом на основы анализа отобранных проб из бедных урансодержащих руд в 14 пробах найдено, что содержание урана изменяется в диапазоне от 0,0104% до 0,0390% в среднем, значения удельной активности естественных радионуклидов - ЕРН составляет для ^{40}K в диапазоне от 33 Бк/кг до 86 Бк/кг, для Ra^{226} в диапазоне от 487 Бк/кг до 1988 Бк/кг, для Th^{232} в диапазоне от 97 Бк/кг до 6883 Бк/кг и значения

эффективной удельной альфа-активности - $A_{\text{эфф}}$ изменится в диапазоне от 241 Бк/кг до 7112 Бк/кг.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что уменьшения ра-

диационных показателей бедных урансодержащих руд подтверждает что, данный метод физико-химической геотехнологии является пригодным и эффективным методом переработки данных руд.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Р. Журакулов, Ж.Т. Назаров, Г.М. Аллаберганова, И.А. Урунов, А.М. Музафаров, М.У. Мусурмонов. Исследование влияний радиационных факторов урановых производств на окружающую среду /Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. 27-28 October, 2022. Navoi, Uzbekistan. -с. 360-363.
2. A.M. Muzafarov, Zh.T. Nazarov, G.M. Allaberganova, A.K. Kutbedinov, U.U. Sharafutdinov. Methods for determination of Radon and radiation factors in man-made facilities of uranium production /Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. 27-28 October, 2022. Navoi, Uzbekistan - pp. 394-398.
3. Т.И. Солиев, Г.М. Аллаберганова, Ж.Т. Назаров, А.М. Музафаров. Исследование возможности ядерно-физических методов датирования возрастов урановых образцов /Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. 27-28 October, 2022. Navoi, Uzbekistan - pp. 415-419.
4. Ж.Т. Назаров, А.М. Музафаров, Г.М. Аллаберганова. Оценка возможности применения новой технологии выщелачивания урана из урановых отвалов / XII международная научно-практическая конференция «Современные тенденции и инновации в науке и производстве» Россия, КузГТУ. г. Междуреченск. 26 апреля. 2023.
5. А.М. Музафаров, Ж.Т. Назаров, Г.М. Аллаберганова. Радиометрические методы оценки загрязненности горных пород в районе действий металлургических комбинатов /Труды Международной научно-практической конференции «ҰЛЫТАУ-ҚАЗАҚСТАН МЕТАЛЛУРГИЯСЫНЫҢ БЕСІГІ» посвященной к 110-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки Казахстана, члена-корреспондент Академии Наук Казахстана, доктора технических наук, профессора Ибрагима Абылгазиевича Онаева, Алматы, 18-19 мая, 2023. – с 243-247.
6. Ж.Т. Назаров, Г.М. Аллаберганова, А.М. Музафаров. Экспериментальное определение взаимосвязи значений мощности эффективной дозы от расстояния уранового объекта /Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы, перспективы и инновационные подходы эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов». Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического

- университета. Алмалык, 16 сентября, 2023. - с. 95-97.
7. Ж.Т. Назаров, Г.М. Аллаберганов, Х.Л. Пулатов, А.М. Музафаров. Анализ радионуклидного состава горных пород участков добычи урана методом физико-химической геотехнологии / «Глобальная наука и инновация 2023: Центральная Азия» №2(20). «Технические науки». Астана – 2023. -С 48-50.
 8. Ж.Т. Назаров, Г.М. Аллаберганова, Х.Л. Пулатов, А.М. Музафаров. Изучения гранулометрического распределения урана в техногенных вторичных урановых рудах /IV – Международная конференция «Комплексное инновационное развитие зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы» посвященная 65-летию Навоийского горно-металлургического комбината. 16-17 ноября, 2023. Навои, Узбекистан.
 9. Ж.Т. Назаров, Г.М. Аллаберганова, Х.Л. Пулатов, А.М. Музафаров. Исследование параметров новой технологической схемы добычи урана из техногенных урановых руд /IV – Международная конференция «Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы» посвященная 65-летию Навоийского горно-металлургического комбината. 16-17 ноября, 2023. Навои, Узбекистан.
 10. Ж.Т. Назаров, Г.М. Аллаберганов, Х.Л. Пулатов, А.М. Музафаров, А.Р.Журакулов. Анализ радионуклидного состава природных вод на участках добычи урана методом физико-химической геотехнологии / «Глобальная наука и инновация 2023: Центральная Азия» №2(20). «Технические науки». Астана – 2023. -С 51-54.
 11. Пулатов Х.Л., Музафаров А.М., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М. Изучения гранулометрического распределения урана в техногенных вторичных урановых рудах. *Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali*. № 1 (8), 2024. Maxsus son. -с. 196-202.