

УДК 539.01+539.12; 621.039

С.К.Ходжиев, Х.М.Назаров, М.М.Хочийён, М.З.Ахмедов, Б.Б.Баротов, М.С.Пулатов,

И.У.Мирсаидов

**ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ УРАНСОДЕРЖАЩИХ РУД  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТАДЖИКИСТАН»***Агентство по ядерной и радиационной безопасности АН Республики Таджикистан**(Представлено академиком АН Республики Таджикистан У.Мирсаидовым 03.01.2017 г.)*

Приведены результаты химического и минералогического анализа урансодержащих руд месторождения «Центральный Таджикистан». Анализ результатов показал, что руда является ураносиликатной с содержанием  $SiO_2$  более 30%. Поэтому рекомендуются кислотные методы разложения руды.

**Ключевые слова:** переработка, химический анализ, минералогический анализ, урансодержащая руда.

Отдельные месторождения урансодержащих руд в Таджикистане были открыты в середине прошлого столетия. По содержанию урана они являются перспективными для переработки [1]. В настоящей работе приведены результаты химического и минералогического анализа урансодержащих руд месторождения «Центральный Таджикистан» с целью возможной их переработки.

Ранее в работах [2, 3] был проанализирован химический и минералогический состав руд месторождений «Северный Таджикистан».

Для выбора процесса выщелачивания руд месторождения «Центральный Таджикистан» были исследованы химический и минералогический составы проб, отобранных из канав и шурфов месторождения.

*Пробоподготовка.* Валовые образцы набивались в кюветы без использования прессования при постоянном контроле качества поверхности для приготовления максимально разориентированных препаратов.

*Оборудование и условия съемки.* Рентгенодифракционный анализ порошковых препаратов (проба А) проводился при помощи рентгеновского дифрактометра ULTIMA-IV фирмы Rigaku (Япония). Рабочий режим – 40 кВ и 40 мА, медное излучение, никелевый фильтр, диапазон измерений –  $3-65^\circ 2\theta$ , шаг по углу сканирования  $0.02^\circ 2\theta$ , фиксированная система фокусирующих щелей (рис.1).

*Диагностика и анализ.* Диагностика минерального состава проводилась методом сопоставления экспериментального и эталонных спектров из базы данных PDF-2 в программном пакете Jade 6.5, компании MDI.

**Адрес для корреспонденции:** Назаров Холмурод. 734003, Республика Таджикистан, г.Душанбе, ул. Х.Хакимзода, 17а, Агентство по ядерной и радиационной безопасности АН РТ. E-mail: holmurod18@mail.ru

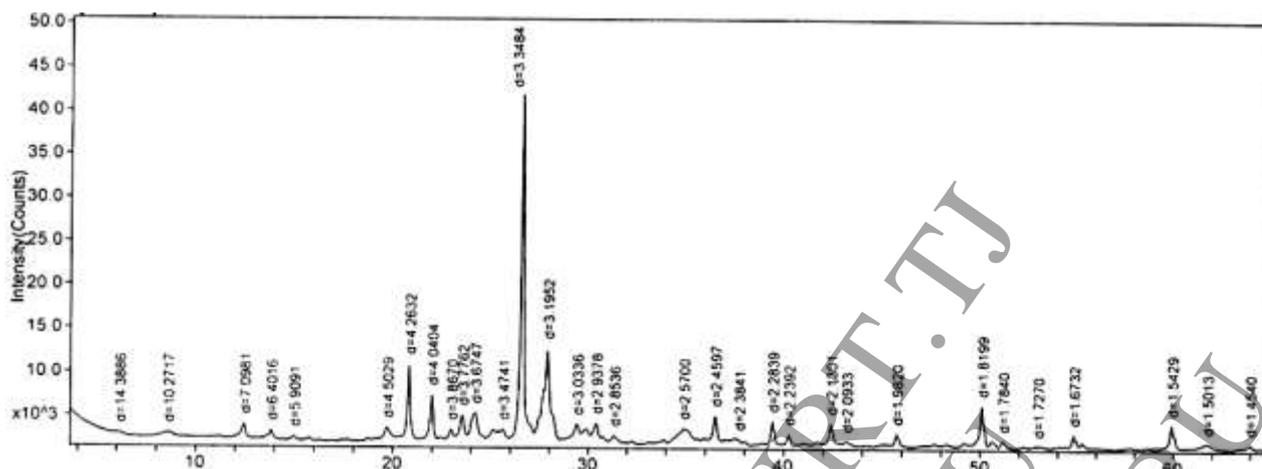


Рис.1. Рентгенодифракционный анализ образца А.

Количественный анализ осуществлялся методом полнопрофильной обработки рентгеновских картин от неориентированных препаратов по методу Ритвельда в программном продукте программы BGMN. Погрешность расчётов количественных содержаний по методу Ритвельда обычно оценивается в 2-3%. Ошибка определения складывается из ошибок расчёта для каждой фазы и дается в весовых процентах. При этом для отдельных фаз ошибка определений будет отличаться и может составлять от 0.5 до 2-3%.

Результаты анализа показали, что минеральный состав пробы А состоит, %: кварц – 34.5; кальцит – 3.0; плагиоклазы (альбит) – 30.7; плагиоклазы (анортит) – 2.9; магнетит – 1.7; иллит-сметит смешанослойный минерал с преобладанием иллитовых межслоёв – 21.0; хлорит - 6.3 (табл.1).

Химический состав пробы А приведён в табл.2.

Таблица 1

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа пробы

Определяемый элемент, %												
Sr	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	V	Ti	Bi	U	
0.0467	0.1145	0.0264	0.1797	0.0013	0.0027	3.9281	0.2135	0.0025	0.4345	0.0201	0.3608	

Таблица 2

Химический анализ пробы А

Определяемый элемент, %										
Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	
8.2	0.007	0.011	0.011	$3 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	1.55	$<5 \cdot 10^{-4}$	0.002	0.016	
Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Re	
0.004	3.5	30.87	0.68	0.05	0.001	2.59	0.002	0.025	$<0.001$	
Sb	Sc	Se	Si	Sn	Sr	Ti	V	Zn	Zr	
0.01	$8 \cdot 10^{-4}$	0.006	0.022	0.027	0.019	0.31	0.006	0.015	0.019	
Ga	Nb	Ta	W	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	
0.004	0.024	0.007	0.004	0.005	$5 \cdot 10^{-4}$	0.001	$2 \cdot 10^{-4}$	0.001	$<5 \cdot 10^{-4}$	
La	Lu	Nd	Pr	Sm	Tb	Tm	Y	Yb	U	
0.003	$2 \cdot 10^{-4}$	0.004	$9 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$<5 \cdot 10^{-4}$	$<5 \cdot 10^{-4}$	0.003	$4 \cdot 10^{-4}$	0.31	

*Термический анализ образца А.* Методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) проведено исследование двух представленных образцов. Синхронно записывались кривые ДСК и термогравиметрии (ТГ) на приборе NETZSCH STA 449. Условия съемки: скорость – 10 град/мин, тигли корундовые с закрытыми крышками, навеска ~ 50 мг, атмосфера воздуха и аргона.

По термическим кривым были идентифицированы следующие минералы: каолинит, кварц, слюда, доломит.

*Каолинит.* Кривым ДСК каолинита свойственны три основных эффекта - два эндотермических (при 81 и 518°C) и экзотермический (893°C). Первый эндозффект связан с несовершенством структуры минерала и отвечает за удаление адсорбированной на поверхности воды. Потеря массы при этом составляет 0.65%. Второй эндозффект связан с дегидросилизацией каолинита. Потеря массы в интервале температур 400-600°C составляет 1.38%, что соответствует 9.9% каолинита, присутствующего в пробе. Незначительный экзозффект с максимумом при температуре 893°C говорит о дисперсности минерала и образовании шпинелевой фазы.

*Кварц* идентифицируется по характерному для него пику с максимумом при температуре  $\alpha$ - $\beta$ -перехода 571°C.

*Карбонат.* На кривой ДСК в интервале температур 650-800°C отмечается эндозффект, связанный с термической диссоциацией доломита, присутствующего в образце. Температура максимума эндозффекта составляет 726.7°C. С этим процессом также связан небольшой эндозффект с максимумом при температуре 775°C. По количественным данным термогравиметрического анализа можно рассчитать количественное соотношение примеси доломита в образце:

$$C_{(\text{доломита})} = \frac{M_{\text{CaMg}(\text{CO})_3}}{n \cdot M_{\text{CO}_2}} d = \frac{46}{11} d = 4.181.6 = 6.7\%.$$

*Слюда.* Высокотемпературный эндозффект при температуре, близкой к 1000°C, отвечает за удаление конституционной воды и распад решетки минерала. Небольшой экзозффект с температурой максимума при температуре 824.5°C связан с окислением железа.

*Результаты альфа-спектрометрии пробы А.* Для анализа представлены две пробы озолённой почвы с шифрами ЕТ-14-05 (масса 201.6 г) и ЕТ-14-06 (масса 202.4 г). Для анализа проб, содержащих изотопы урана, использовалась инструкция НСАМ №433-ЯФ рег. номер №46-У-П/99-03 «Методика выполнения измерений удельной активности изотопов урана (234, 238) в почвах, грунтах, горных породах и строительных материалах на их основе альфа-спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой». Методика предназначена для количественного определения удельной активности изотопов урана (U-234, U-238) в пробах почв, грунтов, горных пород и строительных материалов на их основе. Диапазон измеряемой активности – от 5 до  $10^4$  Бк/кг по каждому изотопу. Суммарная неопределённость результата измерений не более 30% (при  $P=0.95$ ). Минимальное значение измеряемой удельной активности изотопов урана составляет 5 Бк/кг (при аналитической навеске пробы 0.005 кг).

Измерения выполнены на двенадцатиканальном радиометре-спектрометре альфа-излучения Alpha Analyst (производство фирмы Канберра Индастриз, США, зав. №13000025) с детекторами излучения Alpha Pips, оснащённым программным обеспечением Genie 2000 Alpha Analyst.

Для определения активности радионуклидов регистрация импульсов проводилась в следующих энергетических диапазонах:

Нуклид	Энергии основных пиков, кэВ	Выход, %	Средневзвешенная энергия, кэВ	Левая граница зоны интересов, кэВ	Правая граница зоны интересов, кэВ
$^{232}\text{U}$	5263 5320	31 68	5302	5225	5395
$^{234}\text{U}$	4723 4776	27 72	4761	4630	4830
$^{235}\text{U}$	4364 4370 4395	11 6 55	4388	4345	4455
$^{238}\text{U}$	4147 4196	23 77	4184	4055	4260

Спектры приведены на рис.2. Результаты измерений представлены в табл.3.

Таблица 3

Удельная активность изотопов урана в предоставленных пробах

Удельная активность, Бк/г		
$\text{U}^{238}$	$\text{U}^{235}$	$\text{U}^{234}$
50.26±15.08	2.05±0.62	49.24±14.77

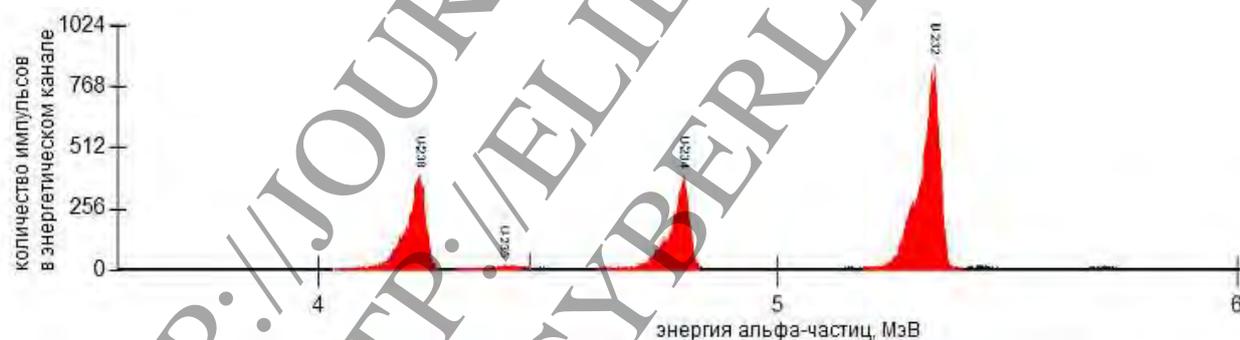


Рис.2. Альфа-спектр изотопов урана, содержащихся в навеске (масса 0.2530 г) пробы ЕТ-14-06. Время измерения 21600 секунд.

Таким образом, результаты анализов пробы позволяют определить методы переработки урановых руд месторождения «Центральный Таджикистан». Так как руда является ураносиликатной и содержание  $\text{SiO}_2$  равно 34.5%, поэтому рекомендуется применение кислотного выщелачивания.

Поступило 03.01.2017 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Разыков З.А., Гусаков Э.Г., Марущенко А.А. и др. – Урановые месторождения Таджикистана. – Худжанд: ООО «Хуросон», 2001, с.107-115.

2. Назаров Х.М., Мирсаидов И.У., Баротов Б.Б. и др. Извлечение урана из природных урансодержащих руд месторождений Северного Таджикистана. – Мат-лы VI Нумановских чтений. – Душанбе, 2009, с.228-231.
3. Назаров Х.М., Хакимов Н., Мирсаидов И.У. и др. Карбонатное выщелачивание урановых руд месторождения «Ганзим». – Материалы семинаров «2011 год – Международный год химии» и «Радиационная безопасность Таджикистана». – Душанбе, 2011, с.27-29.

**С.К.Ходжиев, Х.М.Назаров, М.М.Ҳочиён, М.З.Ахмедов, Б.Б.Баротов, М.С.Пулатов,  
И.У.Мирсаидов**

### **ЭҶТИМОЛИЯТИ КОРКАРДИ МАЪДАНҲОИ УРАНДОР АЗ КОНИ «ТОЧИКИСТОНИ МАРКАЗӢ»**

*Агентии амнияти ядроӣ ва радиатсионии Академияи илмҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон*

Дар кори мазкур натиҷаҳои таҳлили химиявӣ ва минералогии маъданҳои урандор аз кони «Тоҷикистони Марказӣ» оварда шудаанд. Таҳлили натиҷаҳо нишон доданд, ки маъдан бо миқдори зиёда аз 30% SiO<sub>2</sub> доштани ураносиликати мебошад. Аз ин рӯ, усули таҷзияи кислотавии маъдан тавсия карда мешавад.

**Калимаҳои калидӣ:** коркард, таҳлили химиявӣ, таҳлили минералогӣ, маъдани урандошта.

**S.K.Khojiev, Kh.M.Nazarov, M.M.Hojiyon, M.Z.Akhmedov, B.B.Barotov, M.S.Pulatov, I.U.Mirsaidov**

### **PROCESSING POSSIBILITIES OF URANIUM-CONTAINING ORES OF «CENTRAL TAJIKISTAN» DEPOSIT**

*Nuclear and Radiation Safety Agency of Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*

In this paper the results of chemical and mineralogical composition analysis of uranium ores from the “Central Tajikistan” deposit are presents. Analysis of the results showed that the ore is uranium-silicate containing SiO<sub>2</sub> more than 30 per cent. Therefore, acidic methods of ore decomposition are recommended.

**Key words:** processing, chemical analysis, mineralogical analysis, uranium-bearing ore.