

DOI: 10.17076/tm14_35

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ СОВМЕЩЕННЫХ
ВО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ ВЫСОКОКОМПЛЕКСНЫХ V, U, CU, MO,
AU, AG, PT, PD, SE, RE, W, SC, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ (Y>CE) РУД – НОВЫЙ
ТИП ПОЛИМИНЕРАЛЬНО-РЕДКОМЕТАЛЬНОГО СЫРЬЯ (УЗБЕКИСТАН)**

*Турсебеков А. Х.¹, Мирходжаев Б. И.², Шарафутдинов У. З.³, Садыкова Л. Р.¹,
Шукуров Ш. Р.¹, Файзиев Ф. Ф.⁴, Рашидов Н. И.¹*

¹ Институт геологии и геофизики им. Х. М. Абдуллаева, Узбекистан

² ГП «Навоийуран», Узбекистан

³ АО «НГМК», Узбекистан

⁴ Навойское отделение АН РУ, Узбекистан

В настоящее время в Республике Узбекистан установлены два генетических типа месторождений урана: гидрогенный и полигенный в углеродисто-кремнистых сланцах. Значительная часть урана (16.6% от общего баланса) связана с рудными месторождениями палеозойского возраста [1, 2, 3, 6]. Полигенные уран-ванади-

евые месторождения Рудное, Новое, Косечка, Джантуар и другие, залегающие в углеродисто-кремнистых сланцах палеозоя, являются высоко комплексными (V, Mo, Re, Sc, Se, редкоземельные элементы, Au, Ag, W) образованиями [1–7].

В связи с недостаточной изученностью высоко комплексных уран-ванадиевых руд

на месторождениях Рудное и Новое на предмет распределения и форм нахождения группы элементов в пространстве и во времени были проведены минералогические и аналитические исследования (микроскопия, рентгенофазовый, масс-спектрометрический и микрозондовый анализы) десяти технологических проб.

В результате данных исследований было установлено:

1. Рудовмещающие породы (углеродистые кремнистые сланцы) высоко комплексных уран-ванадиевых руд месторождения Рудное являются сложной гетерогенной геохимической системой: $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} > \text{CaO} > \text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O} > \text{TiO}_2 > \text{MnO} > \text{Cr}_2\text{O}_3 > \text{BaO} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{SrO}$, где Na преобладает над K, Ba над Sr (табл. 1). Данные породы также являются сложной гетерогенной минеральной системой, представленные силикатами, алюмосиликатами, карбонатами, фосфатами, оксидами: кварц, альбит, глинистые минералы (каолинит, монтморилинит, гидрослюда, хлорит, шамазит, мусковит, титанит, ильменит, циркон, сфен, апатит, ксенотим, моноцит, кальцит, доломит, барит, розкоэлит, карьеританит, эсколаит, кызылкумит, парамонтроузит, уранинит и др.).

2. Рудовмещающие породы (углеродистые кремнистые сланцы) высоко комплексных уран-ванадиевых руд месторождения Новое резко отличаются от руд месторождения Рудное более интенсивным проявлением гипергенных процессов (табл. 1). Гетерогенная геохимическая система предоставлена следующим рядом элементов: $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} > \text{BaO} > \text{CaO} > \text{MgO} > \text{TiO}_2 > \text{MgO} > \text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O} > \text{MnO} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{Cr}_2\text{O}_3$ (табл.) Минеральная гетерогенная система представлена: кварцем, глинистыми минералами (каолином, гидрослюдой, монтморилинитом, хлоритом, шамазитом), баритом, цельзином, кальцитом, доломитом, альбитом, ортоклазом, цирконом, ильменитом, манганитом, вивианитом, горсейкситом, моноцитом и др.

3. В результате детальных исследований высоко комплексных полигенных уран-ванадиевых месторождений Рудное и Новое была установлена геохимическая система элементов в виде катионов и анионов, участвовавших в формировании данных месторождений (табл. 2).

4. Установлено, что гипогенные уран-хром-ванадиевые месторождения Рудное и Новое с высоким комплексом продуктивных элементов являются полигенными и совмещенными во времени и пространстве, представлены самостоятельными промышленными генетическими типами руд: U-Cr-V; Cu-Mo-Re; Au-Ag и редкоземельными элементами (Y-Ce состава), для которых установлены средние содержания продуктивных элементов и минеральные формы их нахождения (табл. 3–7).

5. Необходимо отметить, что нами установлены более высокие содержания редкоземельных элементов в рудах месторождения Новое, которое подверглось интенсивным процессам гипергенеза.

6. Кроме промышленных генетических типов руд, на месторождениях Рудное и Новое установлены в выше кларковых содержаниях Se, W, Hg, Bi, Te, Cd, Sc, для них также установлены минеральные формы их нахождения (табл. 8).

7. Необходимо отметить, что все перечисленные промышленные типы руд месторождений Рудное и Новое подверглись интенсивному гипергенезу (кора выветривания и окислительные процессы), особенно руды месторождения Новое. Для совмещенных типов руд месторождений Рудное и Новое установлена вертикальная зональность распределения минералов по отдельным зонам: окисленные руды, супергенные руды (зона вторичного сульфидного обогащения), гипогенные первичные руды (табл. 9). Ранжирование гипергенной зональности проведено по методике [7]. В процессе гипергенного выщелачивания металлов активное участие принимали такие анионы как SO_4^{2-} , галоиды (Cl^- , Br^- , I^-) (табл. 2).

Таблица 1

Средний химический состав матрицы вмещающих пород уран-хром-ванадиевых месторождений и сопутствующих им других типов оруденения (мас. %)

Месторождения	SiO_2	Na_2O	MgO	Al_2O_3	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	V_2O_5	Cr_2O_3	$\text{S}_{\text{общ}}$	P_2O_5	BaO	SrO
Новое (3)	60.57	0.53	0.56	11.64	0.38	2.06	0.71	0.36	12.9	0.84	0.06	2.69	0.35	5.51	0.14
Рудное (5)	72.20	0.62	1.70	8.40	1.40	4.38	0.36	0.25	6.0	0.95	0.09	0.19	0.036	0.30	0.01

Таблица 2

**Геохимическая система основных элементов (катионы и анионы) участвовавших в становлении
высококомплексных уран-хром-ванадиевых и других сопутствующих типов оруденения
месторождений Рудное и Новое**

Матрица вмещающих пород (сланцы)	Руда		Гипергенез
Катионы	Катионы	Анионы	Анионы
Si > Fe > Al > Ca > Mg > K > Na > Ti > Mn > Cr	V > Cu > Zn > U > Mo > Pb > Ni > Co > TR > W > Se > Sc > Ag > Au > Re	S > As > Sb	O ₂ > CO ₃ > SO ₄ > PO ₄ > Cl > I > Br

Примечание: Химические элементы расположены в понижении их содержаний и их активности в рудном процессе.

Таблица 3

**Среднее содержание продуктивных элементов и минеральный состав уран-хром-ванадиевых руд
(мас. %)**

Месторождение	U, г/т	Th, г/т	V	Ti	Fe	Mn	Cr	Минералы
Рудное	0.043	3.1	0.95	0.60	6.01	0.16	0.16	Роскоэлит, деклуазит, карнатит, сульванит, фол- бортит, росит, уванит, уранинит, хеггит, уэксфил- лит, коффинит, монтроузит, V-гетит, гидрогетит, эскалоит, хромит
Новое	0.028	10	0.84	0.71	12.9	0.36	0.11	

Таблица 4

**Среднее содержание продуктивных элементов и минеральный состав сопутствующих
медно-молибденовых руд (мас. %)**

Месторождение	Cu	Mo	Zn	Pb	S	Re, г/т	Минералы
Рудное	0.13	0.04	0.02	0.01	0.19	0.10	Пирит, пирротин энаргит, халькопирит, молиб- денит MoReS ₂ , халькозин, тенарит, делафоссит, куприт, малахит, азурит, молибдит, ильземанит, минерал (MoReS ₂), сфалерит, галенит, гематит, атакамит, вульфенит, молибдит
Новое	0.82	0.03	0.10	0.02	2.69	0.03	

Таблица 5

**Среднее содержание продуктивных элементов и минеральный состав сопутствующих
золото-серебряных руд (мас. %)**

Месторождение	Fe	S	As	Sb	Au, г/т	Ag, г/т	Минералы
Рудное	6.01	0.15	0.04	0.009	0.81	16.2	Самородное золото, монтбрейит, пирит, арсено- пирит, антимонит, аргенто-тетроэдрит, фрейбе- рит, полибазит, ялпайт, ситрометрит, науманит, йодаргирит бромаргирит, джемсонит, леллингит
Новое	12.9	2.69	0.01	0.003	0.32	9	

Таблица 6

**Среднее содержание продуктивных элементов и минеральный состав сопутствующий
платиновой минерализации, в г/т**

Месторождение	Pd	Pt	Rh	Ru	Os	Ir	Σ Pt	Минералы
Рудное	0.26	0.06	0.01	0.01	0.01	0.002	0.36	Майченерит (PdBi ₂)
Новое	0.77	0.14	0.03	0.05	0.05	0.008	1.03	

Таблица 7

Среднее содержание продуктивных сопутствующих редкоземельных элементов и минеральный состав, в г/т

Месторождение	Y	La	Ce	Pz	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣTR	Минералы
Рудное	147	17.4	23.7	3.3	44.7	10	3.2	17.1	2.7	20	5.1	11.4	2.0	13.8	1.7	306	Ксенотим, монацит, сульфат-монацит, раб- дофанит, чертит эрицит, вейншенкит, ретцианит, апатит, силикорабдо- фанит, силикоапатит, уэфелдит
Новое	508	93.8	68	15	90.3	34	14	48.4	9	74	13	42.0	6.0	46	5.5	1067	

Таблица 8

Среднее содержание сопутствующих элементов и минеральный состав, в г/т

Месторождение	Co	Ni	Sn	Gd	Re	Ge	Se	Cd	Jn	Te	Tl	Hg	Bi	W	Sc	Минералы
Рудное	166	454	9	6	0.10	1	53.3	2.8	0.08	0.7	6.6	1	3.8	27	44	Se-рейбергит, тиманит берцеленит, селеносера, клокманит, науманит теллуровисмутит, монтбрейит, ReMoS_2 , $\text{Cd}(\text{SbO})\text{H}_2\text{O}$, шеелит, тунгстит, гидротунгстит, монтбрейит, касетерит, стерретит
Новое	392	1267	17	12	0.03	1.2	34.7	12.7	0.13	0.8	3	1.8	3.0	123	46	

Таблица 9

Вертикальная зональность гипергенеза и минеральный состав отдельных зон высококомплексных уран-хром-ванадиевых и других сопутствующих типов руд месторождений Рудное и Новое

Зоны гипергенеза	Горизонт гипергенного профиля	Главные минералы месторождений
Окисленные руды	Верхний	Гетит, гидрогетит, мангонит, псиломелан, вад, опал, аллофан, ванаданит, хегтит, кальцит, азурит, малахит, корвусит, уванит, тюямунит, карнотит, росит, гумит, молибдит, малахит, азурит, брошантит, вульфенит, самородное золото, виванит, рабдофан, гидротунгстит, чертит, скородит, вайншенкит
	Нижний	Самородное золото, мелантерит, ярозит, гипс, калиевые квасы, брошантит, ильземанит, сульфат-монацит
Супергенные руды (зона вторичного сульфидного обогащения)		Халькозин, ковеллин, делофосит, куприт, уитнейт, самородное золото, железо, тенарит, леленгит, молибдит, тунгстенит
Гипогенные первичные руды		Сульванит, кызылкумит, роскоилит, парамонтроизит, кареманит, уранинит, кварц, барит, кальцит, доломит, витерит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклые руды, молибденит MoReS_2 , вольфрамит, шеелит, монацит, ксенотим, эскалоит, хромит

Из вышеизложенного следует, что впервые в Узбекистане и в мировой практике установлены высококомплексные совмещенные во времени и пространстве четыре полигенных типов руд в месторождениях Рудное и Новое: уран-хром-ванадиевый, медно-молибденовый, золото-серебряный и редкоземельный, а также вышескларковые содержания вольфрама, скандия,

селена и др. элементов, что расширяет перспективы полиминерально-редкометального сырья Республики Узбекистан (табл. 8).

Таким образом, впервые дана оценка высококомплексным уран-ванадиевым рудам на месторождениях Рудное и Новое на предмет распределения и форм нахождения группы элементов в пространстве и во времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежков Ю. Б., Рахимов Р. Р., Новикова И. В., Рустамжонов Р. Р. Геология, геохимия, минералогия и эталонные месторождения урана. Ташкент, 2016. 219 с.
2. Ежков Ю. Б., Рахимов Р. Р., Новикова И. В. Редкоземельные элементы. Ташкент, 2013. 181 с.
3. Мирходжаев Б. И. Модель мантийно-коровых рудообразующих систем формирования урановых месторождений Узбекистана. Материалы Республиканской научной конференции. 18–19 сентября 2012 г. Ташкент.
4. Семенов Е. Л. Минералогия редких земель. Из-во АН СССР. М., 1963. 411 с.
5. Санакулов К. С., Петухов О. Ф., Руднев С. В. Обогащение уран-ванадиевых руд черносланцевой формации. Горный вестник Узбекистана. 2021. № 2(85). С. 60–63.
6. Сим Л. А. Геохимия, поиски и разведки месторождений урана. Ташкент, 2010. 497 с.
7. Грудев А. П., Яхонтова Л. К. Минералогия окисленных руд. М.: Недра, 1987. 197 с.