

М. А. КУДРИНА

НИОБИЙ И ТАНТАЛ В ШЕЕЛИТАХ

Как известно, изучение распределения ниобия и тантала во многих минералах дает ценную геохимическую информацию, поскольку условия вхождения этих элементов и отношение между ними чутко реагируют на особенности химизма среды минералообразования.

Проведенное нами изучение содержания этих элементов в шеелите позволило получить данные, практически отсутствующие в литературе. Исходным материалом для исследования послужили образцы шеелитов, характеризующие различные типы вольфрамового оруденения в скарнах, грейзенах, высоко- и среднетемпературных кварцевых жилах и штокверках, в альбитовых метасоматитах и низкотемпературных кварцбаритовых и хрусталеносных жилах.

Определения пятиокисей ниобия и тантала проводились в лабораториях ВИМСа методами химического, спектрального (с предварительным химическим обогащением) и ядерно-физического анализов.

Содержание в шеелитах пятиоксида ниобия и тантала невелико. Оно составляет для ниобия тысячные и сотые доли процента, а для тантала — на порядок, а в некоторых типах месторождений и на два, ниже.

Отмечаются определенные вариации в содержании ниобия в шеелитах месторождений каждого генетического типа, но наиболее значительны они в месторождениях скарновой формации, среди которых по относительно высокому содержанию ниобия выделяются шеелиты магнетитовых скарнов.

Картина распределения тантала в шеелитах несколько иная. Наиболее низким уровнем концентрации тантала характеризуются шеелиты скарнов и низкотемпературных кварцевых жил. В шеелитах месторождений скарново-грейзенового, грейзенового и кварцево-жильного (высокотемпературного) генетических типов уровни концентрации тантала примерно равны. В шеелитах среднетемпературных кварцевожильных и штокверковых месторождений они заметно меньше. Наибольший уровень концентрации тантала (также как и ниобия) характеризует шеелиты из альбитовых метасоматитов.

Весьма показателен и другой аспект распределения тантала в шеелитах. Установлено, что уровень концентрации пятиоксида тантала в шеелитах проявляет явную зависимость от состава материнских интрузий, в то время как на содержании ниобия это отражается несущественно. Так, распределение тантала в шеелитах скарнов, образование которых в большей степени, чем других генетических типов месторождений, происходит в связи с широко дифференцированными гранитоидами, показывает наличие двух разностей шеелитов, одна из которых, как показывает фактический материал по шеелитоносным скарнам Алтая и

Таблица 1

Содержание Nb₂O₅ и Ta₂O₅ в шелитах скарновых месторождений

Рудная формация	Месторождение	Регион	№ обр.	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	$\frac{Nb_2O_5}{Ta_2O_5}$
W	Восточное	Горный Алтай	C-364a	0,0029	0,00017	17
			C-261	0,0026	0,00006	43
	Плитнинское		532/71	0,0028	He опр.	—
W	Горное	Горный Алтай	C-409	0,0027	He опр.	—
			Центральное	П-94	He опр.	0,00004
			П-98	< 0,0016	0,00017	—
	Латвасюрское	Приладожье	Пр.-446	0,0026	0,00026	10
Mo	Тырныауз	С. Кавказ	T-26	0,0058	0,00036	16
W		С. Кавказ		0,0040	He опр.	—
	Чохру-Дайрон	Ср. Азия	Ч-162	0,0046	< 4·10 ⁻⁵	—
	Лянгар	Ср. Азия	Л-453	0,001	< 4·10 ⁻⁵	—
Cu	Яхтон	Ср. Азия	Ях-160	0,0087	< 4·10 ⁻⁵	—
Mo		Ср. Азия	Я-72	He опр.	< 4·10 ⁻⁵	—
W	Ингичке	Ср. Азия	И-71	< 0,0016	< 4·10 ⁻⁵	—
Au	Туим	Кузн. Алатау	T-147	0,0028	< 4·10 ⁻⁵	—
Fe	Арыхское	З. Саян	A-5	0,0097	0,00006	160
W	Малый Медный Чайник	Забайкалье	M-448	0,009	сл.	—
			12	0,015	< 4·10 ⁻⁵	—
Среднее по типу *				0,0048	0,00008	60

* В табл. 1—7 условно в пробах, показавших значения ниже предела чувствительности метода, для расчета среднего содержания взято: Nb₂O₅=0,001%, Ta₂O₅=0,00003%.

Анализы Nb₂O₅ и Ta₂O₅ проводились в ВИМС аналитиками: Болкуновой, Леоновой, Токмазис, Моркотинной, Юрченковой, Кравченко, Охримюк, Пурусовой.

Таблица 2

Содержание Nb₂O₅ и Ta₂O₅ в шелитах скарново-грейзеновых месторождений

Рудная формация	Месторождение	Регион	№ обр.	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	$\frac{Nb_2O_5}{Ta_2O_5}$
Sp—W	Майхура	Ср. Азия	M-452	0,004	< 4·10 ⁻⁵	—
Cu—W	Восток-2	Приморье	89	0,0058	0,00011	52
	Лермонтовское		Л-156	0,0069	0,0012	5,8
			Л-157	0,0027	< 4·10 ⁻⁵	—
P. м.—W	Ново-Колыванское	Г. Алтай	НК-1	< 0,002	0,00010	—
Среднее по типу				0,004	0,0003	13

Таблица 3

Содержание Nb₂O₅ и Ta₂O₅ в шелитах грейзеновых месторождений

Рудная формация	Месторождение	Регионы	№ обр.	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	$\frac{Nb_2O_5}{Ta_2O_5}$
Sp—W	Мало-Ангатуйское	Забайкалье	МА-201	0,006	0,00023	25
W	Горно-Колыванское	Г. Алтай	15-1/73	0,011	0,00088	12,5
Среднее по типу				0,008	0,0006	15

Таблица 4
Содержание Nb₂O₅ и Ta₂O₅ в шеелитах высокотемпературных кварцево-жильных месторождений

Рудная формация	Месторождение	Регион	№ обр.	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	$\frac{Nb_2O_5}{Ta_2O_5}$
Sn—W	Зун-Ундур	Забайкалье	76	Не опр.	0,0006	—
Cu—Mo	Куналейское		К-707	0,041	0,00026	42
W—Au	Бом-Горхон		34	0,014	Не опр.	—
			Бс-107	0,0033	0,00006	55
Среднее по типу				0,009	0,0003	30

Таблица 5
Содержание Nb₂O₅ и Ta₂O₅ в шеелитах из альбитовых метасоматитов

Рудная формация	Месторождение	Регион	№ обр.	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	$\frac{Nb_2O_5}{Ta_2O_5}$
Mo—Cu	Улуг-Алым	Восточный саян	У-147	0,08	0,003	27
W			86	0,09	0,0021	40
Среднее по типу *				0,085	0,0026	35

Таблица 6
Содержание Nb₂O₅ и Ta₂O₅ в шеелитах из месторождений среднетемпературных кварцево-жильных и штокверковых типов

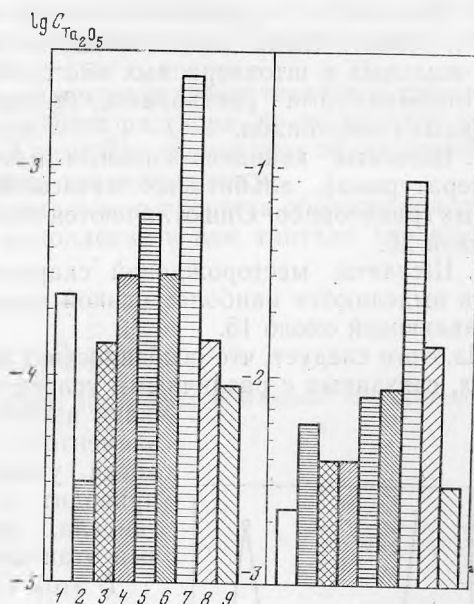
Рудная формация	Месторождение	Регион	№ обр.	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	$\frac{Nb_2O_5}{Ta_2O_5}$		
Mo—W	Синегорское	Приморье	СГ-48	0,012	0,0001	120		
		Казахстан	168-Ж	0,031	0,00006	500		
Sn—W	Фестивальное	Приамурье	Ф-357	0,015	0,00029	51		
		Хаб. Край	Б-449	0,0068	Не опр.	—		
		Горный Алтай	Т-76	0,014	0,00005	280		
Cu—Mo	Кара-Камыш	Казахстан	Т-226	Не опр.	0,00006	—		
			170-К	0,0041	0,00003	45		
W—Au	В. Кайракты	Казахстан	ВК-59	Не опр.	0,0001	—		
			Пешковское	Забайкалье	ПШ-11	<0,002	0,00032	—
					11	Не опр.	0,00009	—
Cu—Sn—W	Рудное	Приморье	158-Р	0,037	0,00023	160		
		Казахстан	Б-4	0,0068	0,00012	56		
Среднее по типу				0,014	0,00014	100		

С. Кавказа, связана с постмагматической деятельностью поздних фаз кислых гранитоидов, а вторая («безтанталовые» и малотанталовые шеелиты) — скорее с ранними дифференциатами гранитоидов повышенной основности — гранодиоритами, диоритами и т. п.

Относительно кларка этих элементов в земной коре содержания ниобия в шеелитах значительно выше, а тантала (для большинства типов) — находятся в пределах кларка.

Рис. 1. Средние содержания пентоксида тантала и ниобия в шеелитах из месторождений различных генетических типов

- 1 — кларки;
- 2 — скарновых (в связи с гранитоидами повышенной основности);
- 3 — скарновых (в связи с кислыми гранитами);
- 4 — скарново-грейзеновых;
- 5 — грейзеновых;
- 6 — высокотемпературных кварцевожильных с безрудными околожильными грейзеновыми оторочками;
- 7 — альбитовых метасоматитов;
- 8 — среднетемпературных кварцевожильных и штокерковых с околорудной серицитизацией, пиритизацией и т. д.;
- 9 — низкотемпературных кварцевожильных (жилы альпийского типа, с антимонитом, баритом и т. д.)



В то же время наблюдаются отчетливые различия в уровнях накопления этих элементов в шеелитах из месторождений различных типов, которые достигают для этих элементов 25—30 кратного (рис. 1).

Наиболее низкие концентрации ниобия отмечаются в шеелитах из низкотемпературных кварцевых жил. Концентрация повышается в шеелитах скарнов, скарново-грейзеновых и грейзеновых месторождений и еще более — в шеелитах высоко- и среднетемпературных кварцевожильных месторождений до максимального в альбитовых метасоматитах.

Преимущественная концентрация тантала в шеелитах, образованных рудоносными растворами — производными кислых дифференциатов гранитоидов, может быть связана с кристаллохимическими особенностями ниобия и тантала, в частности с различной величиной их электроотрицательности (210 — для тантала и 230 — для ниобия), что в большей степени сближает тантал с алюминием (220), а ниобий с железом (235).

Интересно проследить изменение величины ниобий-танталового отношения в шеелитах различных условий минералообразования (рис. 2). По величине этого отношения все шеелиты могут быть разбиты на три группы.

Таблица 7

Содержание Nb_2O_5 и Ta_2O_5 в шеелитах из низкотемпературных кварцево-жильных месторождений

Рудная формация	Месторождение	Регион	№ обр.	Nb_2O_5	Ta_2O_5	$\frac{Nb_2O_5}{Ta_2O_5}$
W	Ак-Булак	Г. Алтай	АК-168	0,0050	0,00011	45
	Ильдегем		И-445	0,0024	0,00004	—
Sb—W	Пелингичей	Пол. Урал	П-451	0,0019	0,00004	—
	Кайвинское	Кузн. Алатау	К-450	0,002	0,00007	—
		Кузн. Алатау	11	не опр.	0,0002	—
Среднее по типу				0,003	0,00009	33

1. Шеелиты с высокой величиной ниобий-танталового отношения (100 и более). Сюда входят шеелиты из среднетемпературных кварцево-жильных и штокверковых месторождений и скарны, образованные гидротермальными растворами, генерируемыми с интрузиями более основных гранитоидов.

2. Шеелиты кварцево-жильных месторождений (высоко- и низкотемпературных), альбитовых метасоматитов и скарнов, производных близких гранитоидов. Они отличаются величиной отношения $Nb_2O_5 : Ta_2O_5$, близкой 30.

3. Шеелиты месторождений скарново-грейзенового и грейзенового типов выделяются наиболее низкой величиной отношения $Nb_2O_5 : Ta_2O_5$, составляющей около 15.

Из этого следует, что особенности поведения ниобия и тантала в шеелитах, связанных с различными условиями минералообразования, отражают известные общие черты геохимии этих элементов в постмагматическом процессе, когда увеличение кислотности растворов приводит к относительному накоплению тантала, достигая максимума в грейзеновый этап минералообразования.

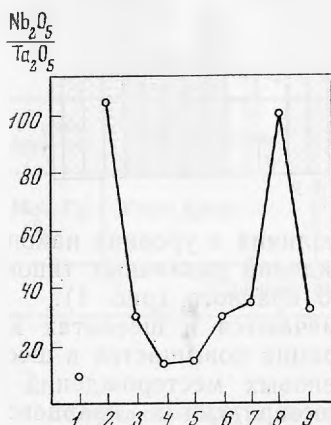


Рис. 2. Величины отношений $Nb_2O_5 : Ta_2O_5$ в шеелитах из месторождений различных типов. Обозначения см. рис. 1

В этом отношении любопытно сравнить характер изменчивости тантало-ниобиевого отношения в шеелитах с другими рудными минералами, в частности касситеритом и вольфрамитом, встречающимися в близких типах месторождений, нередко совместно с шеелитом. Согласно М. В. Кузьменко (1973 г.), касситерит из кварцевых жил, производных танталоносных гранитов, имеет ниобий-танталовое отношение 20, а из околожильных грейзенов — 1; вольфрамит из кварцевых жил — 18, а из околожильных грейзенов — 4, т. е. в касситерите и вольфрамите, как и в шеелите, в грейзеновый этап минералообразования фиксируется относительное накопление тантала.

Однако специфика образования шеелита, обуславливаемая его кристаллизацией в нейтральных средах, определяет и особые черты распределения в нем ниобия и тантала. Не случайно шеелит приурочен не к типичным грейзеновым ассоциациям с топазом и другими минералами, а к мусковитовым и полевошпатовым фациям грейзенов, характеризующимся меньшей кислотностью среды минералообразования, что делает понятным существенное преобладание в нем ниобия, в то время как в минералах типично грейзеновых ассоциаций ниобий и тантал концентрируется примерно в равных количествах, а иногда соотношение бывает даже в пользу тантала.

Все изложенное выше позволяет наметить следующие основные черты распределения примеси ниобия и тантала в шеелите.

1. Шеелит не является концентратором ниобия и тантала, но тем не менее эти элементы постоянно присутствуют в нем.

2. Физико-химические особенности кристаллизации шеелита (главным образом, в нейтральных средах) определяют относительное накопление в нем ниобия, содержание которого в отличие от тантала в несколько раз превышает кларковые.

3. В шеелитах, связанных с различными режимами минералообразования проявляются резкие вариации содержаний ниобия и тантала, достигающие для каждого из этих элементов 25—30 кратного.

4. Наибольший уровень накопления ниобия и тантала свойственен

шеелитам из альбитовых метасоматитов. Особенности геохимии ниобия и тантала в них очевидно связаны с повышенной щелочностью родоначальных гранитоидных интрузий.

5. Установлена связь между уровнем вхождения тантала в шеелиты и условиями генерации рудообразующего раствора: более высокие концентрации тантала характерны для шеелитов гипогенных образований — производных кислых дифференциатов гранитных магм.

6. На всем протяжении гидротермального процесса образования шеелита, наибольшее относительное накопление в нем тантала характеризует грейзеновый этап.

ЛИТЕРАТУРА

Кузьменко М. В. Геохимия тантала и генезис эндогенных танталовых месторождений. Диссертация, М., 1973 г.