

7 Несмеянов, Б.В. Теоретические основы, методы и средства обеспечения устойчивости карьерных откосов: монография / Б.В. Несмеянов. – М.: НИИ–Природа, 2000. – 132 с.

8 Попов, В.Н. Конструкция нерабочих бортов карьера / В.Н. Попов, Б.В. Несмеянов, О.В. Попова. – М.: НИИ–Природа, 1999. – 354 с.

9 Константинова, С.А. Некоторые результаты испытаний образцов соляных пород на ползучесть. / С.А. Константинова, И.Б. Ваулина, М.Д. Ильинов // Известия вузов. Горный журнал. – № 2. – 2008. – С. 118–122.

10 Гордеев, В.А. Оценка устойчивости карьерных откосов по методу предельного равновесия. Криволинейные поверхности скольжения / В.А. Гордеев // Известия вузов. Горный журнал. – № 2. – 2008. – С. 54–64.

11 Литвинский, Г.Г. Аналитическая теория прочности горных пород. / Г.Г. Литвинский // Известия вузов. Горный журнал. – № 1. – 2008. – С. 87–93.

12 Шашкин, А.Г. Вязко-упруго-пластическая модель поведения глинистого грунта. / А.Г. Шашкин // Развитие городов и геотехническое строительство. – 2011. – Вып. № 2. – С. 15–25.

13 Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л.: ВНИМИ, 1972. – 165 с.: ил.

14 Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. – СПб., 1998. – 208 с. (Минтопэнерго РФ. РАН. Гос. НИИ горн. геомех. и маркшейд. дела – Межотраслевой науч. центр ВНИМИ).

15 Abramson, Lee W.; Lee, Thomas S.; Sharma, Sunil; Boyce, Glenn M. (2002), Slope Stability and Stabilization Methods. Canada: John Wiley & Sons, 2nd ed. – 2002. – 736 p.

16 Cui Deyu. Finite Element Method in Engineering: School of Aeronautical Science. – 2005. – 308 p.

## ТЕЛЛУРИТЫ НЕКОТОРЫХ s-f-ЭЛЕМЕНТОВ: СИНТЕЗ И РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рустембеков К.Т. \*, д.х.н. профессор; Дюсекеева А.Т., к.х.н., доцент \*;

Бектурганова А.Ж. \*, докторант; Касенов Б.К. \*\*, д.х.н., профессор;

Махатова Н.А. \*, магистрант; Стоев М. \*\*\*, доктор, ассоц. профессор

\* Карагандинский государственный университет им. академика Е.А.Букетова;

\*\* Химико-металлургический институт им. Ж.Н.Абишева

г. Караганда, Республика Казахстан;

\*\*\* Юго-Западный университет «Неофит Рильский»

г. Благоевград, Республика Болгария

В статье приводятся результаты синтеза и рентгенографических исследований новых двойных теллуридов щелочных металлов с f-элементами. Определены типы сингонии и параметры элементарных ячеек соединений.

Получение новых материалов является важной задачей, составляющей основу научно-технического прогресса в различных отраслях наукоемкого производства. Новые открытия в медицине, электронике, фотонике, нано- и биотехнологиях привели в последнее десятилетие к интенсивному развитию нового научного направления – химического материаловедения. Соединения на основе оксидов редкоземельных металлов в силу особенностей электронного строения лантаноидов обладают уникальным сочетанием электрических, магнитных, тепловых, оптических и других свойств, которые могут найти широкое использование в современной микроэлектронике и многих областях современной техники при создании систем многофункционального назначения [1]. Многообразие указанных свойств зависит от состава, строения и способа получения того или иного оксида. Теллуриды-f-элементов, в этом отношении, являются малоизученными соединениями.

Цель данной работы – синтез и исследование рентгенографических свойств двойных теллуридов щелочных металлов состава  $M^I M TeO_4$  ( $M^I - Na, K$ ) и  $M^I_2 CeTeO_5$  ( $M^I - Li, K$ ).

Синтез соединений проводили по керамической технологии из следующих исходных веществ: оксиды тулия, церия (IV), теллура (IV) и карбонаты щелочных металлов квалификации «х.ч.». Стехиометрические количества исходных веществ тщательно перетирались в агатовой ступке, затем пересыпались количественно в алундовыетигли и подвергались термообработке для твердофазового взаимодействия на воздухе в силитовой печи. Синтез  $M^I M TeO_4$  ( $M^I - Na, K$ ) проводили следующим образом: I стадия в течение 10 часов при температуре 500°C, II стадия 700°C – 9 часов при периодическом перетирании в ступке; далее при 1000°C в течении 15 часов. Для синтеза  $M^I_2 CeTeO_5$  ( $M^I - Li, K$ ) был использован следующий режим термообработки: отжиг в течение 25 часов при

температуре 400 – 800°C с периодическим перетиранием в ступке; далее при 1000°C в течение 15 часов проводили отжиг с целью получения стабильных соединений.

Образование равновесного состава соединений контролировали методом рентгенофазового анализа на установке ДРОН-2.0 ( $\text{CuK}_\alpha$  – излучение,  $U = 30$  кВ,  $J = 10$  мА, шкала счетчика импульсов 1000 имп/с, скорость вращения счетчика 2 град/мин., постоянная времени  $\tau = 5$  с, интервал углов  $2\theta$  от 10 до 90°). Интенсивность дифракционных максимумов определяли по 100 балльной шкале. Рентгенограммы порошков новых теллуридов индицировали методом гомологии [2]. Пикнометрическую плотность определяли по методике [3]. В качестве индифферентной жидкости служил тетрабромэтан.

В таблице 1 приведены результаты индицирования рентгенограмм соединений.

Таблица 1 – Индицирование рентгенограмм синтезированных теллуридов

$I/I_0$	$d, \text{Å}$	$10^4/d_{\text{эксп.}}^2$	hkl	$10^4/d_{\text{расч.}}^2$
1	2	3	4	5
<i>NaTmTeO<sub>4</sub></i>				
7	8,8976	126	100	125
6	4,9782	404	0,04	409
52	4,7368	501	200	501
2	3,9217	650	211	652
6	3,3514	890	115	889
13	3,2943	921	0,06	921
12	3,1096	1034	214	1036
100	2,9768	1128	300	1128
4	2,8735	1211	302	1230
3	2,6907	1381	107	1378
3	2,4099	1722	322	1731
14	2,3815	1763	108	1762
2	2,1300	2204	109	2197
2	2,0300	2427	404	2414
4	1,9961	2510	420	2507
6	1,9763	2560	0.0.10	2558
4	1,9671	2584	209	2573
7	1,9444	2645	228	2640
3	1,9085	2745	423	2737
2	1,8917	2794	119	2708
16	1,7891	3124	500	3133
7	1,7504	3264	510	3259
12	1,6846	3594	337	3509
3	1,6681	3594	2.0.11	3596
4	1,6519	3665	521	3660
4	1,6480	3682	0.0.12	3684
4	1,6285	3771	418	3768
8	1,4915	4495	600	4511
2	1,4715	4618	602	4613
13	1,4379	4837	2.0.13	4824
3	1,4072	5050	614	5046
3	1,3766	5277	615	5277
2	1,3466	5515	537	5514
<i>KTmTeO<sub>4</sub></i>				
14	4,5837	476	113	477
21	4,4754	499	200	499
8	4,2802	546	104	530
8	3,9762	633	005	632
46	3,5908	776	105	757
22	3,3946	868	214	852

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
100	3,0720	1060	106	1036
28	2,9798	1126	300	1123
41	2,9381	1158	301	1151
14	2,8596	1223	223	1227
10	2,7986	1277	311	1277
26	2,6547	1419	206	1410
18	2,6004	1479	313	1476
12	2,5582	1528	217	1535
5	2,4195	1708	322	1724
15	2,2937	1901	226	1910
12	2,1206	2224	403	2225
8	2,0432	2395	404	2402
21	1,9886	2529	0.0.10	2531
14	1,9793	2553	209	2540
12	1,9551	2616	228	2619
6	1,8539	2910	406	2908
6	1,8078	3060	0.0.11	3062
10	1,7930	3111	500	3120
8	1,7550	3247	510	3245
13	1,7426	3293	319	3998
13	1,7322	3333	512	3346
14	1,7211	3375	417	3362
13	1,7102	3419	426	3407
8	1,6867	3515	504	3525
14	1,6742	3568	2.0.11	3561
17	1,6559	3647	0.0.12	3647
13	1,6362	3735	418	3742
9	1,6095	3860	338	3864
15	1,5359	4239	530	4244
9	1,5148	4358	507	4360
6	1,4915	4495	600	4493
6	1,4839	4541	429	4546
8	1,4688	4635	2.2.12	4643
6	1,4008	5096	1.0.14	5085
8	1,3894	5180	4.1.11	5180
5	1,3771	5273	2.2.13	5276
5	1,3534	5459	2.0.14	5459
4	1,3354	5608	630	5616
10	1,2447	6455	713	6468
10	1,2413	6490	640	6490
		<i>Li<sub>2</sub>CeTeO<sub>5</sub></i>		
10	6,7914	217	101	217
8	4,9870	402	003	406
9	3,4308	850	210	859
32	3,3709	880	202	868
100	3,1079	1035	212	1040
30	2,6641	1409	204	1409
5	2,6430	1432	221	1420
7	2,5007	1599	301	1592
10	2,2624	1954	303	1953
10	2,2500	1975	116	1968
75	1,9085	2745	400	2750
63	1,6285	3771	307	3757
7	1,5509	4158	424	4160
26	1,2388	6516	507	6508

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
15	1,2084	6848	1.1.12	6840
12	1,2067	6868	620	6876
		$K_2CeTeO_5$		
10	5,3659	347	110	343
20	4,4082	515	111	514
6	3,8705	668	200	685
100	3,1110	1033	211	1028
27	2,6980	1374	220	1370
9	2,2107	2046	222	2055
47	1,9065	2751	400	2741
9	1,7987	3091	411	3083
37	1,6272	3777	332	3768
10	1,5601	4109	422	4111
9	1,3516	5474	440	5481
16	1,2403	6500	611	6508
9	1,2082	6851	620	6851

По результатам индирования определено, что рассматриваемые соединения  $NaTmTeO_4$ ,  $KTmTeO_4$  и  $Li_2CeTeO_5$  кристаллизуются в тетрагональной, а  $K_2CeTeO_5$  – в кубической сингонии с параметрами решеток, которые представлены в таблице 2. Удовлетворительное согласие опытных и расчетных значений  $10^4/d^2$ , рентгеновских и пикнометрических плотностей теллуридов показывает достоверность и корректность результатов индирования и точность определения параметров решеток.

Таблица 2 – Типы сингонии и параметры элементарных ячеек теллуридов

Соединение	Тип сингонии	Параметры решетки, Å		$V^0_{\text{яч.}} (\text{Å})^3$	$V^0_{\text{эл. яч.}} (\text{Å})^3$	Z	Плотность, г/см <sup>3</sup>	
		a	c				$\rho_{\text{рент.}}$	$\rho_{\text{пикн.}}$
$NaTmTeO_4$	тетрагон.	8,93	19,76	1575,76	196,97	8	3,23	3,19±0,05
$KTmTeO_4$	тетрагон.	8,95	19,88	1592,44	199,05	8	3,33	3,26±0,08
$Li_2CeTeO_5$	тетрагон.	13,11	6,72	1154,98	144,37	8	4,16	4,08±0,10
$K_2CeTeO_5$	куб.	7,64	-	445,94	111,49	4	6,34	6,31±0,06

Несмотря на широкое распространение теллуридов, указанные соединения с представленными составами получены впервые. Данные рентгенографических исследований показывают, что все синтезированные соединения кристаллизуются в структурном типе искаженного перовскита  $R_mZ_m$ , что позволяет предположить о важных электрофизических свойствах соединений [4,5]. Результаты по исследованию их рентгенографических свойств могут быть использованы для направленного синтеза веществ с заданными свойствами и исходными материалами для включения в фундаментальные банки данных и справочники.

## Литература:

1. Третьяков Ю.Д., Брылев О.А. Новые поколения неорганических функциональных материалов // Журнал Российского хим. общества им. Д.И. Менделеева. -2000. -Т. 45. -№ 4. -С.10.
2. Ковба Л.М. Рентгенография в неорганической химии. -М.: Изд-во МГУ, 1991. -256с.
3. Кивилис С.С. Техника измерений плотности жидкостей и твердых тел. -М.: Стандартгиз, 1959. -191с.
4. Rustembekov K.T., Dyusekeeva A.T. Tellurites of some f-Elements: Synthesis, X-Ray Diffraction, and Electrophysical Properties // Russ. J. Gen. Chem. -2012. -V.82. -№ 8. -P.1357-1360.
5. Rustembekov K.T., Dyusekeeva A.T. Heat Capacity and Thermodynamic Functions of Cadmium Tellurites in the Range of 298.15-673 K // Russ. J. Phys. Chem. -2013. -V.87. -№ 5. -P.714-718.