

сьогодні можна вважати, що змішане титрування на основі класичних методів не може мати такого широкого застосування, як титрування окремими методами, бо підібрати умови, оптимальні для проведення одночасно двох титриметричних реакцій, значно важче, ніж для однієї реакції.

### Список використаних джерел:

1. Стецик В. В. Розрахунки іонних рівноваг в аналітичній хімії з застосуванням математичної комп'ютерної програми Maple // Донецьк, 2012. – 132 с.
2. Корыта И., Штулик К. Ионоселективные электроды // Москва, 1989. – 272 с.
3. Васильев В. П. Аналитическая химия. – Кн. 1. Титриметрические и гравиметрические методы анализа // Москва, 2005. – 367 с.
4. Аналитическая химия фосфора / А. А. Федоров, Ф. В. Черняховская, А. С. Вернидуб, М. П. Ананьевская, В. П. Замараев // Москва, 1974. – 220 с.

### Стецьків А.О.

*кандидат хімічних наук, доцент,  
завідувач кафедри хімії,*

*Івано-Франківський національний медичний університет*

## ДОСЛІДЖЕННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ ТЕТРАРНОЇ СПОЛУКИ $TmLi_2Co_6Sn_{20}$

Багатокомпонентні сполуки на основі рідкісноземельних металів (RE), перехідних (Т) металів (особливо Mn, Fe, Co і Ni) та олова і літію широко застосовуються в накопичувачах водню та металогідридних джерелах струму, а також для виготовлення магнітних матеріалів [1, 2]. Потрійні і тетрарні станіди в системах RE-Li-Sn і RE-Li-T-Sn [3-5] можуть бути використані в якості електродних матеріалів для літієвих батарей.

Під час систематичного дослідження фазових рівноваг в системі Tm-Li-Co-Sn в області, багатій оловом, було встановлено утворення сполуки складу  $TmLi_2Co_6Sn_{20}$ , яка кристалізується у вигляді неупорядкованого варіанту бінарної кубічної структури типу  $Cr_{23}C_6$ .

Сплави виготовляли методом тигельного синтезу, використовуючи метали наступної чистоти: тулій – 0,9999, літій – 0,999, кобальт – 0,999, олово – 0,9999 масових часток основного компоненту. Наважки чистих металів у стехіометричному співвідношенні  $Tm_4Li_6Co_{22}Sn_{68}$  були спресовані в таблетки, укладені в танталовий тигель і поміщені в піч з термопарою. Швидкість нагріву від кімнатної температури до 670 К складала 5 К в хвилину. При цій температурі сплав був витриманий протягом 48 годин, а потім температура була збільшена з 670 до 1170 К протягом 4 годин. Тоді сплави піддавали відпалу при цій температурі протягом 12 годин і повільно охолоджували до кімнатної температури зі швидкістю 2 К в хвилину. Після плавлення і процедури відпалу склад зразку контролювався шляхом порівняння маси вихідної суміші і утвореного сплаву, загальна втрата ваги при цьому склала менше 2%.

Гомогенність і рівноважність підготованих зразків контролювали рентгенографічно. Фазовий аналіз проводили, використовуючи дифрактограми

зразків, отримані на порошковому дифрактометр STOE STADI P ( $\text{CuK}_\alpha$ -випромінювання).

Монокристали неправильної призматичної форми відібрали з приготованого сплаву. Повне структурне дослідження та одержання масиву рентгенівських дифракційних даних виконували на автоматичному монокристальному дифрактометрі XCALIBUR ( $\text{MoK}_\alpha$ -випромінювання). Обробка масиву та уточнення структури була успішно здійснена за допомогою пакету програми SHELX-97 [6].

Отримані результати показують, що четвертинний дистанід складу  $\text{TmLi}_2\text{Co}_6\text{Sn}_{20}$  належить до кубічної сингонії і кристалізується в просторовій групі  $Fm\bar{3}m$  (символ Пірсона  $cF116$ ). Параметри комірки для даної тетраарної сполуки приймають наступні значення:  $a = 1,35371$  (16) нм.

Крім того, отриманий зразок вивчали за допомогою довгохвильової спектрометрії (WDS) і електронно-зондового мікроаналізу (EPMA) на приладі CAMECA SX-100. Отримані наступні дані –  $\text{Tm}_{4,05}\text{Li}_{6,16}\text{Co}_{22,10}\text{Sn}_{67,69}$  (атомних відсотків), які підтверджують якісний і кількісний склад досліджуваної сполуки.

Один з атомів тулію Tm1 вкладений у 18-вершинник, другий атом тулію Tm2 (або Li) – у 16-вершинники. Для атомів Кобальту характерною є тетрагональна антипризматична координація. Два атома Sn вкладені в сильно деформовані двохшаркові та одношаркові гексагональні призми, в той же час для третього атома Sn характерним координаційним многогранником є 12-вершинник, який можна розглядати як деформований кубооктаедр.

Міжатомні відстані приймають допустимі для інтерметалічних сполук значення. Густина станів в області рівня Фермі свідчить про металічний тип зв'язку у дослідженій тернарній фазі, хоча не виключається слабка ковалентна взаємодія між атомами Стануму.

### Список використаних джерел:

1. Павлюк В. В., Бодак О. И., Печарский В. К., Сколоздра Р. В., Гладышевский Е. И. Новые тернарные станиды редкоземельных металлов и лития // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. – 1989. – Т. 25, № 7. – С. 1145–1148.
2. Gil A., Penc B., Wawrzynska E., Hernandez-Velasco J., Szytula A., Zygmunt A. Magnetic properties and magnetic structures of  $\text{RCo}_x\text{Sn}_2$  ( $\text{R}=\text{Gd-Er}$ ) compounds // J. of Alloys and Compounds. (2004) – V. 365, p. 31-34.
3. Павлюк В. В., Бодак О. И., Заводник В. Е. Кристаллическая структура соединений  $\text{R}_4\text{LiGe}_4$  ( $\text{R}=\text{Y, Gd, Er, Tm, Lu}$ ) // Докл. АН УССР. Серия Б. Геол., хим. и биол. науки. – 1990. – № 12. – С. 29-31.
4. Stetskiv A., Tarasiuk I., Misztal R., Pavlyuk V. Pentaterybium lithium tristannide  $\text{Tb}_5\text{LiSn}_3$  // Acta Crystallographica. (2011). – E67, i61.
5. Stetskiv A., Tarasiuk I., Rozdzyńska-Kielbik B., Oshchapovsky I., Pavlyuk V. Terbium (lithium zinc) distannide,  $\text{TbLi}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Sn}_2$  ( $x = 0.2$ ) // Acta Crystallographica. (2012). – E68, i16.
6. Sheldrick G. M. SHELXL-97. Program for crystal structure refinement. – University of Göttingen, Germany, 1997.