

Б-734

1739/2-77



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

10/5-77

P6 - 10443

Д.Д.Богданов, И.Воборжил, А.В.Демьянов,  
В.А.Карнаухов, Л.А.Петров, А.Плохоцкий,  
М.Новицкий

НОВЫЕ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫЕ  
ИЗОТОПЫ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ

1977

Р6 - 10443

Д.Д.Богданов, И.Воборжил, А.В.Демьянов,  
В.А.Карнаухов, Л.А.Петров, А.Плохоцкий,\*  
М.Новицкий

**НОВЫЕ НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫЕ  
ИЗОТОПЫ ЛАНТАНА И ЦЕРИЯ**

*Направлено в Оргкомитет 27-го Совещания по ядерной  
спектроскопии и структуре ядра /Ташкент, 1977/.*

---

\* Варшавский университет.



## Новые нейтрондефицитные изотопы лантана и церия

С помощью масс-сепаратора на пучке тяжелых ионов - БЭМС-2 исследованы характеристики семи новых изотопов лантана и церия. Получены данные о периодах полураспада:  $^{123}\text{La}$  (17+3с);  $^{124}\text{La}$  (29+3с);  $^{126}\text{La}$  (76+6с);  $^{124}\text{Ce}$  (6+2с);  $^{125}\text{Ce}$  (11+4с);  $^{126}\text{Ce}$  (50+6с);  $^{127}\text{Ce}$  (32+4с). Измерены относительные интенсивности X-лучей и  $\gamma$ -переходов с энергией  $E_\gamma < 100$  кэВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

## New Neutrondeficient Isotopes of Lanthanum and Zerium

Characteristics of seven new isotopes of lanthanum and zerium have been investigated by one-line isotope-separator BEMS-2. The half-lives were obtained:  $^{123}\text{La}$  (17+3s);  $^{124}\text{La}$  (29+3s);  $^{126}\text{La}$  (76+6s);  $^{124}\text{Ce}$  (6+2s);  $^{125}\text{Ce}$  (11+4s);  $^{126}\text{Ce}$  (50+6s);  $^{127}\text{Ce}$  (32+4s). Relative intensities of X-rays and  $\gamma$ -transitions with the energy of  $E_\gamma < 100$  keV were measured.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

## МЕТОДИКА

Эксперименты проводились на выведенном пучке циклотрона У-300 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ. Ионами  $^{32}\text{S}$  с энергией  $\sim 190$  МэВ облучались мишени из обогащенных изотопов  $^{96,98}\text{Ru}$ . Интенсивность пучка составляла  $1 \div 3$  мкА. Для разделения продуктов реакций по А применялся масс-сепаратор БЭМС-2, работающий в линии с циклотроном  $^{1/1}$ . На масс-сепараторе используется высокотемпературный вольфрамовый ионный источник с поверхностной ионизацией. Эффективность сепарации редкоземельных элементов при рабочей температуре  $2700^\circ\text{K}$  составляет  $15-25\%$ , среднее время удержания ионов в источнике -  $5-10$  с $^{1/2}$ . Конструкция источника позволяет работать с двумя мишенями. Замена одной мишени на другую осуществляется без нарушения вакуума.

В фокальной плоскости сепаратора находится щель /шириной 2 мм/, через которую на сборник попадают изобары, отвечающие фиксированному массовому числу А. Сборники изготовлены из тонкой алюминиевой фольги /1 мкм/, наклеенной на диск с отверстиями. Накопленная активность поворотом диска на  $138^\circ$  переносится к измерительному модулю, состоящему из детектора рентгеновского излучения / Princeton Gamma - Tech - детектор, площадью  $25$  мм $^2$ , толщиной 5 мм, с разрешением 350 эВ/ и сцинтилляционного бета-счетчика с пластмассовым сцинтиллятором толщиной 17 мм.

Электронная аппаратура обеспечивает одновременное измерение двух время-амплитудных спектров: рентгеновских лучей и рентгеновских лучей в совпадениях с  $\beta$ -частицами. Разрешающее время схемы совпадений - 1 мкс. Порог в  $\beta$ -тракте устанавливался на уровне 0,5 МэВ для исключения вклада X-лучей от распада низколежащих изомерных состояний. Калибровка X-детектора по энергии и эффективности проводилась с помощью стандартных источников из набора ОСГИ -  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{57}\text{Co}$ , а также по  $\gamma$ -лучам  $^{123}\text{Ba}$ .<sup>3/</sup> Обработка спектров проводилась на ЭВМ Минск-32 по фортран-программе, описанной в<sup>9/</sup>.

Для калибровки сепаратора по массам измерялась зависимость  $\beta$ -счета от магнитной жесткости. Такая зависимость представляет собой кривую с четко выраженными пиками, которые соответствуют регистрации изобар с определенным значением массового числа. Идентификация массового числа пика осуществлялась по радиоактивным свойствам известных изотопов, присутствующих в данной массе.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментальные результаты представлены в табл. 1. Z исследуемых ядер определялось по энергиям характеристического рентгеновского излучения ( $K_\alpha, K_\beta$ ) их дочерних продуктов, образующихся в процессе K-захвата, периоды полураспада - из кривых распада соответствующих рентгеновских линий. Для известных изотопов приведены периоды полураспада, взятые из работ<sup>3-6/</sup>. Идентификация  $\gamma$ -линий проводилась по наблюдаемым периодам спада их активности и изменению выходов при переходе от мишени  $^{98}\text{Ru}$  к  $^{96}\text{Ru}$ . Точность определения энергий составляет  $\pm 0,5$  кэВ, относительных интенсивностей -  $\pm 20\%$  для линий с  $I_\gamma < 10$  и  $\pm 10\%$  - для более интенсивных  $\gamma$ -линий.

На рисунке приведена полученная на основе экспериментальных значений периодов полураспада систематика средних значений силовой функции  $\beta^+$ -распада для

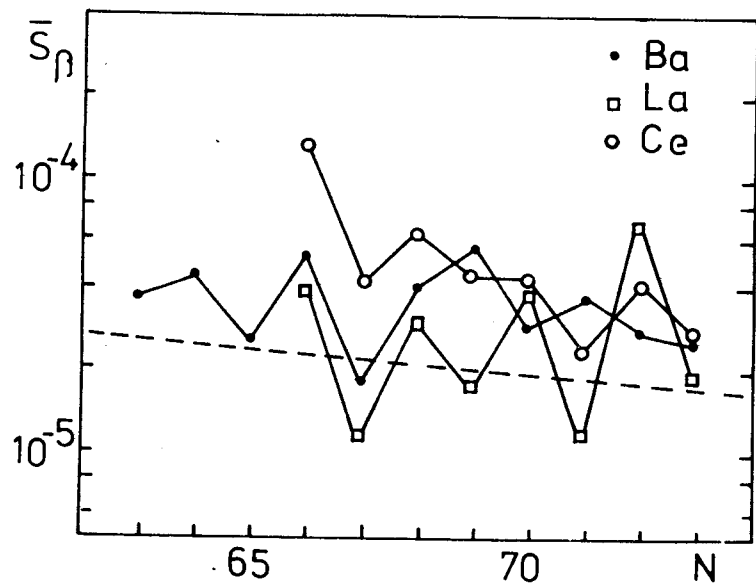
Таблица 1

Изотоп	$T_{I/2}, c$	Энергия /кэВ/ и относительная интенсивность $\gamma$ -квантов
$^{122}\text{Ba}$	$117 \pm 9$ $120 \pm 20$ [4]	$I_\gamma / K_{\text{Cs}} < 1\%$ , $25 < E_\gamma < 70$ $I_\gamma / 511 < 5\%$ , $60 < E_\gamma < 700$
$^{123}\text{La}$	$17 \pm 3$	$K_{\text{Ba}}(100)$ ; $93(25 \pm 5)$ a)
$^{123}\text{Ba}$	$162 \pm 24$ [3]	$K_{\text{Cs}}(100)$ ; $30,6(10)$ ; $58,3(0,4)$ ; $64,1(2,5)$
$^{124}\text{Ce}$	$6 \pm 2$	
$^{124}\text{La}$	$29 \pm 3$	$I_\gamma / K_{\text{Ba}} < 5\%$ , $25 < E_\gamma < 65$
$^{124}\text{Ba}$	$720 \pm 18$ [5]	$K_{\text{Cs}}(100)$ ; $K_{\text{Xe}}(11)$ ; $54(2,0)$ ; $69,4(1,5)$
$^{125}\text{Ce}$	$11 \pm 4$	
$^{125}\text{La}$	$76 \pm 6$	$K_{\text{Ba}}(100)$ ; $43,6(3,5)$ ; $67,6(34)$
$^{125}\text{Ba}$	$210 \pm 18$ [3]	$K_{\text{Cs}}(100)$ ; $55,4(5,2)$ ; $63,3(1,0)$
$^{126}\text{Ce}$	$50 \pm 6$	$I_\gamma / K_{\text{La}} < 1\%$ , $25 < E_\gamma < 65$
$^{127}\text{Ce}$	$32 \pm 4$	$K_{\text{La}}(100)$ ; $58,4(7,3)$
$^{127}\text{La}$	$230$ [6]	$K_{\text{Ba}}(100)$ ; $25,0(3,0)$ ; $56,2(12,5)$

a/ данные получены в режиме  $\beta^+$ - $\gamma$ -совпадений.

изотопов Ba, La и Ce в области  $62 < N < 74$ . Среднее значение силовой функции  $\bar{S}_\beta$  определяется из соотношения

$$\bar{S}_\beta = [T_{1/2} \int_0^{Q_0} F(Z, Q_0 - E) dE]^{-1}$$



Средние значения силовых функций  $\beta^+$ -распада /МэВ<sup>-1</sup> с<sup>-1</sup>/ для изотопов Ba, La и Ce с 62 < N < 74.

где  $F(Z, Q_0 - E)$  - суммарная статистическая функция  $\beta$ -перехода,  $Q_0$  - полная энергия К-захвата,  $E$  - энергия возбуждения дочернего ядра. Значения  $Q_0$  взяты из работы /7/. Отсечка  $C$  учитывает эффект спаривания и равна 0 для нечетно-нечетных дочерних ядер;  $14,4 A^{-1/2}$  МэВ для ядер с нечетным  $A$  и  $28,8 A^{-1/2}$  МэВ для четно-четных ядер /8/. Периоды полураспада известных изотопов взяты из /6/. Пунктирная кривая представляет усредненную зависимость  $\bar{S}_\beta$  от  $A$  согласно теории К. Такахаши и М. Ямада. Слабую зависимость полученных по экспериментальным данным значений  $\bar{S}_\beta$  от  $N$  и  $Z$  и близость среднего значения к теоретическому можно рассматривать как аргументы в пользу статистического подхода в описании  $\beta$ -распада с большой энергией.

Из обнаруженных  $\gamma$ -переходов можно отметить интенсивный переход с  $E_\gamma = 30,6$  кэВ в распаде  $^{123}\text{Ba}$ .

Он хорошо вписывается в схему уровней  $^{123}\text{Cs}$ , предложенную в /3/, как переход между состояниями  $5/2^+$  /94,5 кэВ/ и  $3/2^+$  /63,9 кэВ/. В работе /3/ этот переход не обнаружен, т.к. разрешение детектора было недостаточным, чтобы выделить его на фоне X-лучей Cs. Учет перехода  $5/2^+ \rightarrow 3/2^+$  снижает приведенную вероятность E2-перехода между состояниями  $5/2^+ \rightarrow 1/2^+$  /10/ в  $^{123}\text{Cs}$ , однако это уменьшение недостаточно для того, чтобы говорить о существовании изомера формы в ядре  $^{123}\text{Cs}$ .

Представляется интересным переход с  $E_\gamma = 67,6$  кэВ в изобаре с  $A=125$ . Уменьшение  $\gamma$ -активности во времени соответствует периоду полураспада  $T_{1/2} = 73 \pm 4$  с и совпадает с периодом полураспада  $^{125}\text{La}$ .

Наблюдаемое в эксперименте отношение  $KX_{Ba}/I_\gamma$  ( $E = 67,6$  кэВ)  $\approx 3$  дает верхнюю границу коэффициента конверсии этого  $\gamma$ -перехода, что ограничивает диапазон возможных мультипольностей перехода значениями M1, E1, E2. С другой стороны, из экспериментов по  $\beta$ - $\gamma$ -совпадениям следует, что  $T_{1/2}(67,6) \gg 1,0$  мкс.

Авторы благодарны академику Г.Н.Флерову за интерес к работе, а также группе эксплуатации циклотрона за обеспечение облучений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Karnaukhov V.A., Bogdanov D.D., Demyanov A.V., Koval G.I. and Petrov L.A. Nucl.Instr. & Meth., 1974, 120, p.69.
2. Bogdanov D.D., Voboril J., Demyanov A.V., Karnaukhov V.A. and Petrov L.A. Nucl.Instr. & Meth., 1976, 136, p.433.
3. Арльт Р., Ясински А., Нойберт В., Ортлиенн Х.-Г. ОИЯИ, Е6-7762, Дубна, 1974.
4. Bogdanov D.D., Voboril J., Demyanov A.V., Karnaukhov V.A., Petrov L.A., Plochocki A., Subbotin V.G. Nucl.Phys., 1977, A275, p.229.
5. Droste Ch., Neubert W., Chojnacki S. et al. Nucl.Phys., 1972, A192, p.609.
6. Seelmann-Eggbert W., Pfenning H., Munzel H. Chart of Nuclides. 4th Edition, KFA, Karlsruhe, 1974.

7. Garvey G.T., Kelson I. et al. *Rev. of Mod.Phys.*, 1969, 41, no 4, part II.
8. Hansen P.G. *Advan. in Nucl.Phys.*, 1973, 7.
9. Zlokazov V.B., *Nucl. Instr. & Meth.*, 1975, 130, p.543.
10. Beyer G., Herrmann E., et al. *Nucl.Phys.*, 1976, A260, p.269.

*Рукопись поступила в издательский отдел  
15 февраля 1977 года.*