

Изв. АН СССР, сер. физ.,  
1966, т. 30, № 8, с. 1375  
-1378.

М-366  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P-2553



И. Махунка, Л. Трон, Т. Фенеш, В.А.Халкин

ИССЛЕДОВАНИЕ  $\alpha$ -СПЕКТРА ИЗОТОПОВ  $^{61}\text{Ni}$

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1966

P-2553

И. Махунка, Л. Троя, Т. Фенеш, В.А.Халкия

ИССЛЕДОВАНИЕ  $\alpha$  -СПЕКТРА ИЗОТОПОВ В1

4006/2 чр



## В в е д е н и е

Вероятность  $\alpha$ -распада изотопов  $\text{Bi}$  в области массового числа  $199 \leq A \leq 209$  небольшая, так как число нейтронов в этих ядрах равно или меньше, чем магическое число 128. До сих пор в указанной области была обнаружена  $\alpha$ -активность только у следующих изотопов  $\text{Bi}^{199m}$  /1,2/,  $\text{Bi}^{201m}$  /1,2/,  $\text{Bi}^{203m}$  /3/,  $\text{Bi}^{209}$  /4/. Исследования  $\alpha$ -спектров производили с ионизационной импульсной камерой или ядерной эмульсией.

Цель настоящей работы - исследование  $\alpha$ -спектра изотопов, полученных при реакции  $\text{Pb}(\text{p}, \text{xn})\text{Bi}$ . Измерения производились полупроводниковым  $\alpha$ -спектрометром. Между детектором и источником находилось сильное магнитное поле, которое уменьшало интенсивный фон вылетающих из источника электронов и таким образом уменьшалась полуширина  $\alpha$ -пиков.

### Экспериментальная установка и методика измерений

Для получения нейтрондефицитных изотопов  $\text{Bi}$  использовалась реакция  $\text{Pb}(\text{p}, \text{xn})\text{Bi}$ . Облучение производилось на внутреннем пучке синхротрона ОИЯИ протонами с энергией 140 Мэв. Мишенью служила прессованная окись естественной смеси изотопов свинца. Так как использовалась мишень толщиной  $\sim 20$  мм в направлении бомбардирующего пучка, средняя эффективная энергия бомбардируемых протонов была меньше чем 140 Мэв.

Для выделения висмута облученная окись свинца растворялась при нагревании в 4М азотной кислоте. Свинец осаждался серной кислотой. После отделения от сульфата свинца фильтрат нейтрализовался концентрированным водным раствором аммиака. Микроколичества висмута соосаждались с 4-5 мг гидроокиси скандия. Осадок тщательно отмывался горячей водой от следов ионов аммония и растворялся в 1 мл 9М хлорной кислоты. Этот раствор пропусклся со скоростью 0,15-0,2 мл/мин через колонку диаметром 2 мм, заполненную 100 мг катионита Дауэкс - 50 x 8, 100-200 меш сфе-

рической формы. В соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями<sup>/5/</sup>, висмут абсорбировался смолой. Колонка последовательно промывалась 2 мл 9M HClO<sub>4</sub> и 0,2 мл H<sub>2</sub>O. Висмут вымывался 1M HCl. В первых двух каплях элюента (0,05–0,06 мл), следовавших за свободным объемом, содержалось до 90% висмута, абсорбированного смолой. Продолжительность выделения – 60–70 минут. Химический выход – 55±5%.

В мишени может образовываться Po из Pb путем вторичной реакции (α, xn) или из небольшой примеси Bi путем реакции (p, xn). Для очистки солянокислого препарата радиовисмута от загрязнений полонием раствор наносили на полированный серебряный диск и осторожно нагревали под инфракрасной лампой 5 минут, помешивая. Полоний количественно выделялся на серебре. После отделения от полония раствор переносили на полированный никелевый диск диаметром 13 мм. Радиовисмут электролитически осаждался на никеле в течение 8 минут при силе тока 6 ма. Анодом служила платиновая игла. Таким образом, в каждом опыте получались два источника α-излучения, висмутовый и полониевый, α-спектры которых исследовались отдельно, для идентификации α-пиков.

Один препарат (№1) радиовисмута перед электролизом не очищался от полония. При его измерении отчетливо наблюдались α-линии нейтрондефицитных изотопов Bi и Po.

Измерения были выполнены с помощью полупроводникового α-спектрометра, который состоит из кремниевого полупроводникового α-детектора, усилителя с низким уровнем шумов, чувствительного к заряду, и 256-канального импульсного анализатора АИ-256. Эффективная площадь детектора – 50 мм<sup>2</sup>. Разрешение спектрометра – 28 кэв (полная ширина на полувысоте пика) для α-линий ThC с энергией около 6 Мэв. Усилительная система подробно описана в<sup>/6/</sup>.

Во время измерения α-спектров температура детектора поддерживалась постоянной в пределах ± 0,15 С°. Стабильность и линейность спектрометра часто проверялись с помощью сигналов прецизионного импульсного генератора с ртутным реле.

Для калибровки использовались следующие α-линии: Gd<sup>148</sup> (3,18±0,01 Мэв)<sup>/7/</sup>, Po<sup>210</sup> (5,30481±0,00062 Мэв)<sup>/8/</sup> и ThC<sub>α1</sub> (6,05060±0,00066)<sup>/8/</sup>.

Измерение α-спектров начиналось примерно через 100 мин после окончания облучения.

Фон спектрометра был незначительным относительно интенсивности α-линий Bi и Po.

Период полураспада определялся на основе убывания интенсивности линий в

спектрах. Обработка данных производилась электронной вычислительной машиной методом максимального правдоподобия.

### Экспериментальные результаты и обсуждение результатов

Мы получили 70  $\alpha$ -спектров  $\text{Bi}$  от 5 различных источников. При отдельных облучениях время облучения и отнесенная к концу облучения  $\alpha$ -интенсивность  $\text{Bi}^{201\text{m}}$  были следующими: I (18',  $10^{-9}\text{C}$ ), II (77',  $11 \cdot 10^{-9}\text{C}$ ), III (79',  $140 \cdot 10^{-9}\text{C}$ ), IV (67',  $38 \cdot 10^{-9}\text{C}$ ), V (77',  $150 \cdot 10^{-9}\text{C}$ ).

Характерный  $\alpha$ -спектр фракции  $\text{Bi}$  представлен на рис. 1А. Рис. 1Б показывает низкоэнергетическую часть спектра при суммарном времени измерения 50 минут. Характерный спектр фракции  $\text{Po}$  дан на рис. 2.

Во фракции  $\text{Bi}$  пик большей энергии, из обнаруженных двух пиков, можно отнести к  $\text{Bi}^{199\text{m}}$ , а меньшей энергии - к  $\text{Bi}^{201\text{m}}$  на основе данных работы /2/.

Полученные энергии  $\alpha$ -частиц ( $E_{\alpha}$ ) и полные периоды полураспада ( $T$ ) изотопов  $\text{Bi}$ , а также соответствующие литературные данные приведены в таблице.

	$E_{\alpha}$ Мэв		$T$ (мин)	
	Наст. работа	Лит. данные	Наст. раб.	Лит. данные
$\text{Bi}^{199\text{m}}$				
$\text{Bi}$	$5,481 \pm 0,006$	$5,47 \pm 0,06$ <sup>/1/</sup> $5,52 \pm 0,02$ <sup>/2/</sup>	$24,70 \pm 0,15$	$25 \pm 5$ <sup>/1/</sup> $24,4 \pm 0,5$ <sup>/2/</sup>
$\text{Bi}^{201\text{m}}$				
$\text{Bi}$	$5,240 \pm 0,006$	$5,15 \pm 0,06$ <sup>/1/</sup> $5,27 \pm 0,02$ <sup>/2/</sup>	$59,1 \pm 0,8$	$62 \pm 8$ <sup>/1/</sup> $52 \pm 2$ <sup>/2/</sup>

Обнаруженные пики полониевой фракции (рис. 2) по энергиям и периодам полураспада можно отнести к известным изотопам  $\text{Po}$ , а именно, в порядке убывающих энергий  $\text{Po}^{204}$ ,  $\text{Po}^{210}$ ,  $\text{Po}^{205,206}$  и  $\text{Po}^{208}$ . Не исключено, что в пике  $\text{Po}^{205,206}$  появляется и  $\alpha$ -излучение примеси  $\text{Bi}^{201\text{m}}$ . Исследование  $\alpha$ -спектра фракции  $\text{Po}$  позволяло оценить относительную интенсивность очень слабых  $\alpha$ -пиков  $\text{Po}$ , оставшихся во фракции  $\text{Bi}$  и таким образом определить энергии  $\alpha$ -частиц и периоды полураспада изотопов висмута более точно.

Во фракции  $\text{Bi}$  подробно исследовалась область энергий 4,9 - 5,2 Мэв. В этой области велись поиски  $\alpha$ -излучения из основного состояния  $\text{Bi}^{200}$  ( $T_{1/2} = 35$  мин) и из метастабильного состояния  $\text{Bi}^{202}$  ( $T_{1/2} = 30$  мин)<sup>1/4</sup>.  $\alpha$ -распад в этих случаях можно было ожидать, исходя из зависимости энергии от массового числа. Оценка, сделанная на основании экспериментальных данных, полученных при измерении источников IV и V, показала, что если такое  $\alpha$ -излучение существует в данном интервале энергий, то отношение  $\alpha$ -интенсивностей, экстраполированных на конец облучений,

$$\frac{I_0(\text{Bi}^*)}{I_0(\text{Bi}^{201\text{m}})} \leq 10^{-2}$$

где  $x$  обозначает основное состояние изотопа 200 или 30-минутное метастабильное состояние изотопа  $\text{Bi}^{202}$ .

Из сравнения данных таблицы видно, что результаты настоящей работы близки к результатам работ <sup>1/1</sup> и <sup>2/2</sup>, но ошибки новых результатов меньше. Полученная для периода полураспада  $\text{Bi}^{109\text{m}}$  величина 24,70  $\pm$  0,15 мин заметно отличается от близкого периода  $e^-$ -захвата  $\text{Bi}^{199}$  27  $\pm$  1 мин <sup>2/2</sup>. Этот факт подтверждает существование изомерного состояния у  $\text{Bi}^{199}$ .

Авторы выражают глубокую благодарность К.Я.Громову, руководителю отдела ядерной спектроскопии и радиохимии ЛЯП ОИЯИ за поддержку работы, В.А.Викину и А.Трон за помощь при измерениях, М.Махунка и Чжу Чжи-сянь за помощь в начальной стадии работы. Авторы благодарят Э.Рупп за расчет периодов полураспада методом максимального правдоподобия.

#### Л и т е р а т у р а

1. D.H.Templeton, I.Perlman, Phys. Rev., 73, 1211 (1948).  
H.M.Neumann, I.Perlman, Phys. Rev., 78, 191 (1950).
2. A.Siivola, P.Kauranen, B.Jung, J.Svedberg, Nucl. Phys., 52, 449 (1964).
3. D.C.Dunlavey, G.T.Seaborg, Phys. Rev., 85, 757 (1952).
4. См. в "Джелепов Б.С., Пекар Л.К., Сергеев В.О., Схемы распада радиоактивных ядер  $A \geq 100$ . Изд. АН СССР, 1963".
5. F.Nelson, T.Murase, K.A.Kraus, J. Chromat., 13, 2, 503 (1964).
6. I.Mahunka, T.Lakatos, T.Fényes, Atomki Közlemények, V, 65 (1963).
7. A.Siivola, Ann. Acad. Sci. Fennicae, Ser. A, VI, Physica, no. 109, 1 (1962).
8. A.Rytz, Helv. Phys. Acta., 34, 240 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 января 1966 г.

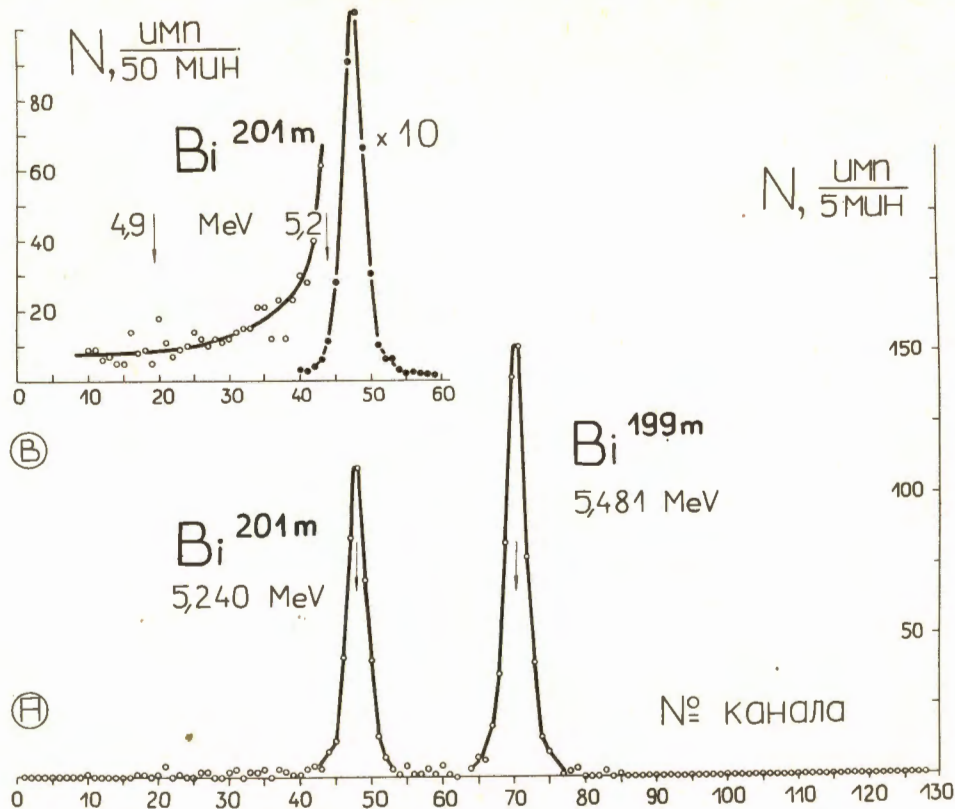


Рис. 1 А: Характерный  $\alpha$ -спектр фракции  $Bi$ . Измерение начато через 135 мин после окончания 67-минутного облучения.

В: Интегральный  $\alpha$ -спектр фракции  $Bi$  в области низких энергий. Измерение начато через 100 мин после окончания 67-минутного облучения.

Общая длительность измерений 66 минут: 50 минут экспозиция плюс 16 минут на вывод данных.

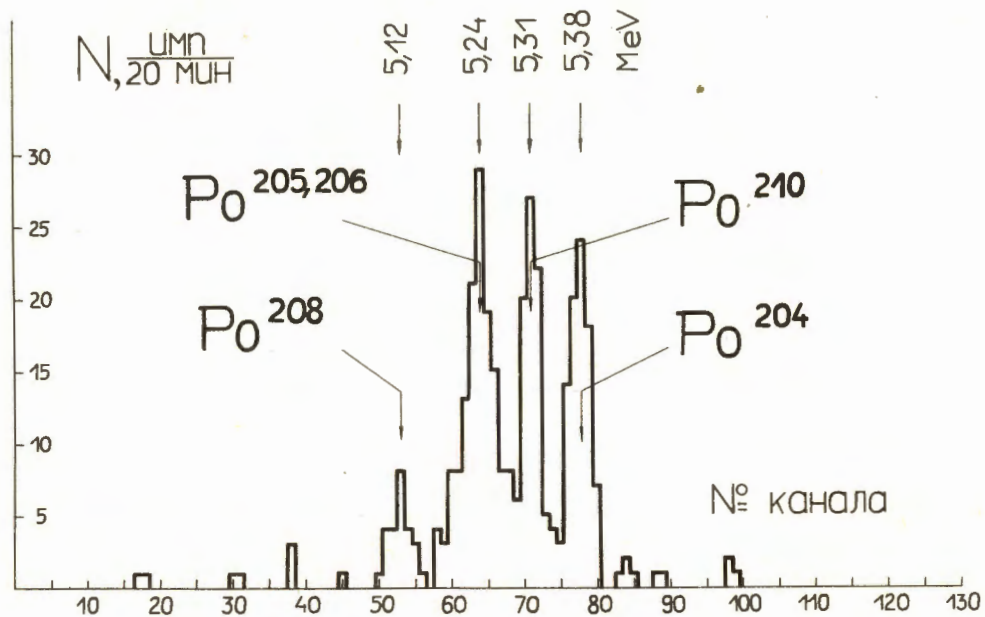


Рис. 2. Характерный  $\alpha$ -спектр фракции Po . Измерение начиналось через 5,5 часов после окончания 79-минутного облучения.