

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

Р6-2000-118

**В.Г.Чумин, К.Я.Громов, Ш.Р.Маликов, Ю.В.Норсеев,
Ж.К.Саматов, В.И.Фоминых, А.П.Череватенко,
Л.В.Юркова**

АЛЬФА-РАСПАД ^{211}Po НА УРОВЕНЬ 1633 кэВ ^{207}Pb

Направлено в журнал «Известия РАН, серия физическая»

2000

При исследовании α -спектра при распаде ^{211}Po ($T_{1/2}=0,516$ с) [1] наблюдались α -частицы с энергиями 7450 (98,86%), 6893 (0,56%) и 6570 (0,58%) кэВ, соответствующие распаду на основное состояние ^{207}Pb , и возбужденные уровни 569,7 и 897,8 кэВ. Альфа-распад на более высокие уровни не обнаружен. В ядерных реакциях и при электронном захвате в ^{207}Bi возбуждается уровень ^{207}Pb с энергией 1633 кэВ. В настоящей работе обнаружен α -распад из основного состояния ^{211}Po на уровень 1633 кэВ ^{207}Pb .

Для поисков распада ^{211}Po на уровень 1633 кэВ ^{207}Pb мы использовали источник ^{211}At ($T_{1/2}=7,21$ ч). Схема распада ^{211}At и дочерних изотопов ^{211}Po и ^{207}Bi [2,3] изображена на рис. 1. Уровень 1633 кэВ

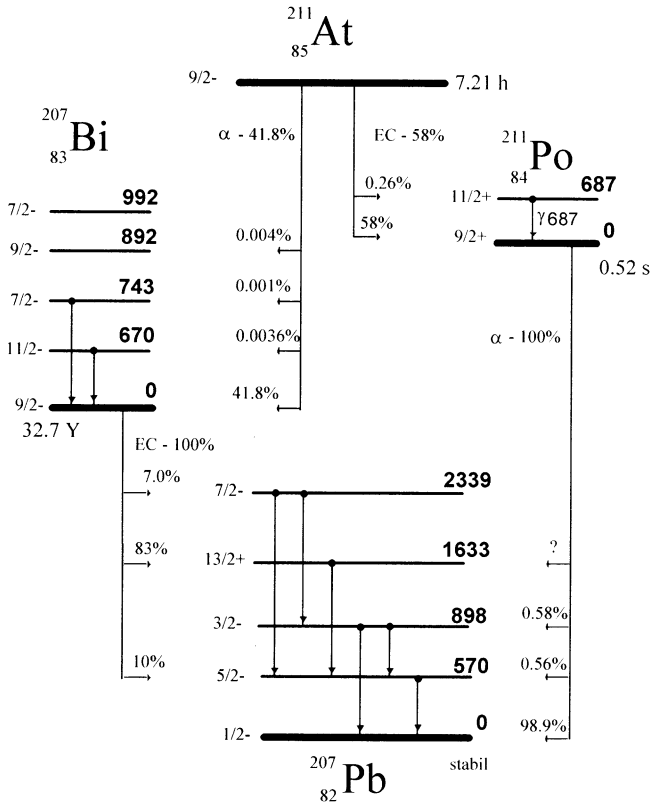


Рис. 1. Схема распада ^{211}At , ^{211}Po и ^{207}Bi

в ^{207}Pb заселяется при электронном захвате в ^{207}Bi ($T_{1/2}=32.7$ г) и разряжается γ -переходом с энергией 1064 кэВ. Если α -распада ^{211}Po на уровень 1633 кэВ нет, то интенсивность γ -лучей 1064 кэВ должна нарастать с периодом полураспада ^{211}At 7,21 ч. Если же α -распад на уровень 1633 кэВ происходит, то в зависимости интенсивности γ -лучей 1064 кэВ от времени должен обнаружиться компонент, убывающий с $T_{1/2}=7,21$ ч. Для решения поставленной задачи необходимо было в радиохимических операциях фиксировать момент отделения ^{211}At от дочернего ^{207}Bi (момент начала накопления ^{207}Bi в источнике) и исследовать эту зависимость.

^{211}At получали на ускорителе У-200 Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ по реакции $^{209}\text{Bi}(\alpha, 2n)^{211}\text{At}$. Природный металлический висмут (моноизотоп ^{209}Bi) наносили на подложку из алюминия, которая во время облучения охлаждалась проточной водой. Толщина мишени не превышала 30 мг/см². Облучение проводили альфа-частицами с энергией не выше 28 МэВ. При выбранных нами условиях примесь ^{210}At , который может образоваться по реакции $^{209}\text{Bi}(\alpha, 3n)^{210}\text{At}$, составляла по числу атомов менее 0,05%. После облучения металлический висмут снимали с подложки и переносили в лодочку из медной фольги. Лодочку помещали в горячую зону установки для выделения, очистки и получения астатсодержащих растворов различного заданного состава (см. [4]). Чтобы предотвратить (хотя и маловероятное) попадание в препарат накапливающегося во время его выделения и очистки дочернего ^{207}Bi , в трубку для отгонки астата из висмутовой мишени в горячую зону (450-500°C) помещали фольгу из металлической платины. Таковую же новую фольгу из платины помещали в ампулу для перегонки астата с серебряной фольги в бидистиллят. Платину размещали ниже серебряной фольги.

После получения препарата ^{211}At – раствора в бидистилляте – aliquотную часть раствора переносили на серебряную фольгу, затем туда же добавляли одну пятую по объему часть смеси $\text{NH}_2\text{OH HCl}$ (100 мг/мл) + 0,5 М HCl (2:1) [5]. Полученный таким образом раствор прямо на фольге подогревали под инфракрасной лампой в течение 2-3 минут (до температуры около 70°C). При этом астат полностью (на 100%) сорбировался на серебряной фольге. Остатки раствора удаляли, а место сорбции три раза промывали бидистиллятом. Момент отделения ^{211}At от дочернего ^{207}Bi – момент начала накопления ^{207}Bi в использованных источниках определялся при этом с точностью 10 минут.

Для дополнительной проверки возможного перехода ^{207}Bi при перегонке астата с серебряной фольги в бидистиллят провели следующую операцию. После полного распада ^{211}At (примерно через неделю после его выделения) раствор, в котором находился астат, высушивали на серебряной фольге. Фольгу помещали в ампулу и повторяли операцию перегонки. Измерения показали, что в данных условиях с серебра в бидистиллят переходит менее 1,2% висмута.

Спектр γ -лучей ^{211}At и дочерних изотопов измерялся на γ -спектрометре с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектором. Объем детектора – 70 см³, энергетическое разрешение (FWHM) – 2,7 кэВ для γ -перехода с энергией 1332 кэВ ^{60}Co . Для уменьшения загрузки рентгеновским излучением использовался фильтр из Pb (2 мм). Экспозиции спектров длительностью по 2 часа начинались через 50 минут после очистки астата от висмута. На рис. 2 изображен γ -спектр первой экспозиции. Наблюдаются все γ -лучи, возникающие при распаде ^{211}At (см. рис. 1), а также самые интенсивные γ -лучи от распада ^{210}At ($T_{1/2}=8.2$ ч).

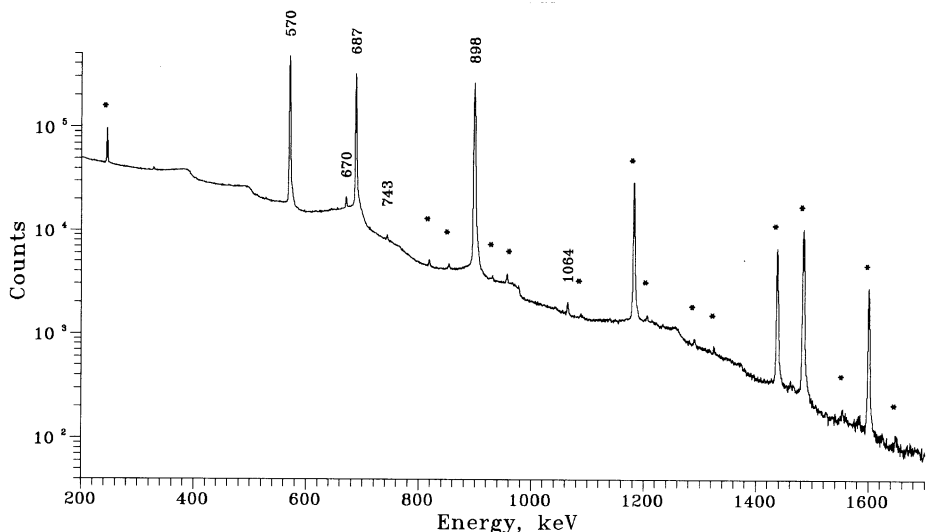


Рис. 2. Спектр γ -лучей ^{211}At (первая двухчасовая экспозиция). Энергии γ -лучей ^{211}At , ^{211}Po и ^{207}Bi указаны над пиками. Гамма-линии примеси ^{210}At отмечены (*)

На рис. 3 представлена зависимость площади линии γ -лучей с энергией 1064 кэВ от времени измерения. Видно, что экспериментально измеренная площадь линии γ -перехода с энергией 1064 кэВ (график а)

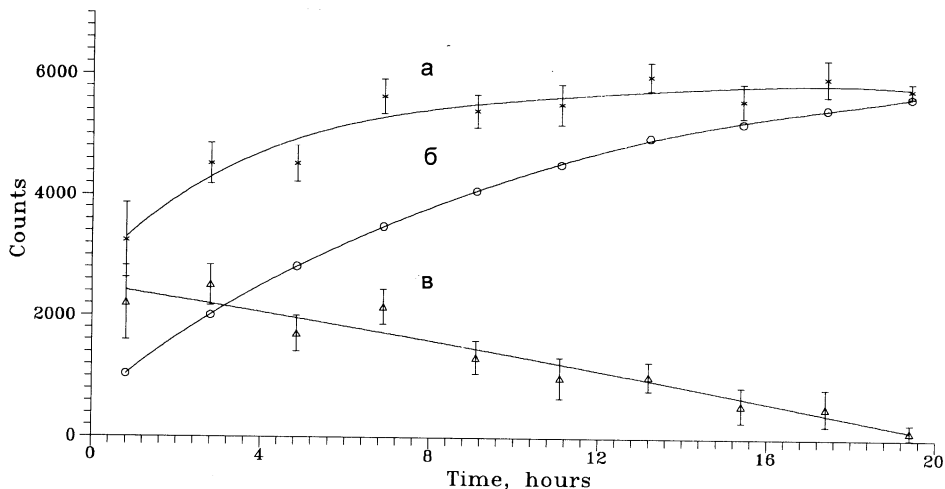


Рис. 3.

- а) Экспериментально измеренная зависимость площади γ -линии с энергией 1064 кэВ от времени.
- б) Расчетная зависимость площади γ -линии с энергией 1064 кэВ от времени, если α -распада на уровень 1633 кэВ не происходит.
- в) Разность кривых а и б

больше той, которую следовало ожидать, если бы α -распад на уровень 1633 кэВ не происходил (график б). Разность а и б (график в) убывает с $T_{1/2} \cong 7$ ч.

Интенсивность α -распада ^{211}Po на уровень 1633 кэВ ^{207}Pb вычислялась по отношению площадей γ -линий 1064 и 687 кэВ в первых четырех экспозициях. При этом были использованы следующие величины:

- интенсивность α -распада – 41,8(8)% [1],
- интенсивность электронного захвата в ^{211}At – 58,2(8)% [1],
- $I_{\gamma 687} = 0,261(12)\%$ [3],
- $I_{\gamma 1064} \text{ Bi} = 76,0(1,4)\%$ [6],
- $T_{1/2} = 7,214(7)$ ч [3],
- $T_{1/2} \text{ Bi} = 32,7(8)$ г [6].

В таблице 1 перечислены значения $I_{\alpha 1633}$, полученные из γ -спектров первой – четвертой экспозиций. Погрешности $I_{\alpha 1633}$ учитывают по-

грешности площадей линий, эффективности детектора, времени начала экспозиции и использованных литературных данных.

Таблица 1. Интенсивность α -распада ^{211}Po на уровень 1633 кэВ ^{207}Pb

Номер экспозиции	t_i	t_f	$I_{\alpha 1633} \pm \Delta I_{\alpha 1633}$
1	0,80	2,80	$(6,3 \pm 1,9) \cdot 10^{-4} \%$
2	2,82	4,82	$(8,9 \pm 1,9) \cdot 10^{-4} \%$
3	4,85	6,85	$(8,0 \pm 2,6) \cdot 10^{-4} \%$
4	6,90	8,90	$(12,3 \pm 3,7) \cdot 10^{-4} \%$
Среднее взвешенное			$(8,1 \pm 1,0) \cdot 10^{-4} \%$

Среднее взвешенное значение $I_{\alpha 1633} = (8,1 \pm 1,0) \cdot 10^{-4} \%$ на распад ^{211}Po .

Полученные в наших исследованиях γ -спектра ^{211}At сведения об интенсивностях γ -лучей при распаде ^{211}At и ^{211}Po позволяют повторить определение интенсивностей α -распада этих ядер на возбужденные уровни ^{207}Bi и ^{207}Pb . Для приведения относительных интенсивностей γ -лучей (α -групп) к интенсивности на один распад использована интенсивность γ -лучей 687 кэВ – 0,261(12)% на распад. Наши данные в таблице 2 сравнены с ранее известными. Согласно хорошее.

Таблица 2. Интенсивности α -распада ^{211}At и ^{211}Po на возбужденные уровни ^{207}Bi и ^{207}Pb

Распад $^{211}\text{At} \rightarrow ^{207}\text{Bi}$			Распад $^{211}\text{Po} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$		
На уровень, кэВ	I_{α} , %	I_{α} , %	На уровень, кэВ	I_{α} , %	I_{α} , %
Настоящая работа		[3]	Настоящая работа		[3]
G.S.	-	41,80	G.S.	-	98,89
670	$3,9(3) \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-3}$	570	0,57(2)	0,56
743	$1,1(2) \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	898	0,59(2)	0,54
892	-	$0,4 \cdot 10^{-3}$	1633	$8,1(10) \cdot 10^{-4}$	-
992	$< 4 \cdot 10^{-5}$	-			

Таким образом, в настоящей работе обнаружен α -распад ^{211}Po на высший (1633 кэВ) возбужденный уровень ^{207}Pb . Интенсивность этой

ветви α -распада очень мала. Обнаружить ее другим способом невозможно. В исследованиях α -спектра ^{211}At и дочернего ^{211}Po требуется наблюдать слабую ($8,1 \cdot 10^{-4}\%$) α -линию с энергией 5848 кэВ рядом с в $5 \cdot 10^4$ раз более интенсивной линией $E_{\alpha 0} = 5869$ кэВ от α -распада ^{211}At .

Применить метод (α - γ)-совпадений нельзя, т.к. уровень 1633 кэВ живет 0,8 с. Успех исследования в значительной степени был определен разработанной в [4,5] радиохимической методикой выделения астата, позволившей получать источник ^{211}At высокой степени чистоты и силы и определять момент начала накопления ^{207}Bi в приготовленном источнике с достаточной точностью.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 98-02-16451).

Литература

1. Головкин Н.А., Гуэтх Ш., Желепов Б.С. и др. Изв.АН СССР сер.физ. **33** (1969) 1622.
2. Martin M.J. Nuclear Data Sheets **70** (1993) 315.
3. Artua-Cohen A. Nuclear Data Sheets **63** (1991) 79.
4. Doberenz V., Dang Duc Nhan, Dreyer R., Milanov M., Narseev Yu.V., Khalkin V.A., Radiochem Radioanal Letters **52, 2** (1982) 119.
5. Rumler B., Trautmann N., Herrman G. Radiochimica Acta. **47** (1989) 91.
6. Lin W.-J., Harbottle G. J. Radioanal Nucl. Chem., Letters **153, 1** (1991) 51.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 мая 2000 года.

Чумин В.Г. и др.

Альфа-распад ^{211}Po на уровень 1633 кэВ ^{207}Pb

P6-2000-118

В исследованиях γ -спектра ^{211}At и дочерних изотопов ^{211}Po и ^{207}Bi обнаружена новая ветвь α -распада ^{211}Po на уровень 1633 кэВ ^{207}Pb . Ее интенсивность $8,1 \cdot 10^{-4} \%$ на распад ^{211}Po .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем им. В.П.Джелепова ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2000

Перевод авторов

Chumin V.G. et al.

Alpha-Decay of ^{211}Po on the 1633 keV ^{207}Pb level

P6-2000-118

In investigations of γ -spectrum of ^{211}At and daughter ^{211}Po and ^{207}Bi isotopes a new branch of the α -decay on the ^{207}Pb 1633 keV level is discovered. Its intensity is $8,1 \cdot 10^{-4} \%$.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2000

Редактор Е.Ю.Шаталова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 07.06.2000
Формат 60 × 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд. листов 0,65
Тираж 310. Заказ 52066. Цена 78 к.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области