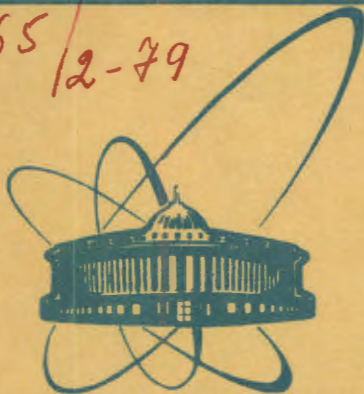


5165/2-79



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

γ -906

12/12-79

P6 - 12615

В.Г.Чумин, М.П.Авотина, Л.Вашарош, И.И.Громова,
М.Я.Кузнецова, В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей,
М.Миланов, Ю.В.Норсеев, Р.Усманов, Ю.В.Юшкевич,
А.Ф.Новгородов, А.Абдумаликов

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЙ ПРИ РАСПАДЕ ^{207}At

1979

Исследование излучений при распаде ^{207}At

Исследованы спектры γ -лучей, конверсионных электронов и $e\text{-}\gamma$ -совпадений при распаде ^{207}At . Работа предпринята для получения более полного набора экспериментальных данных об излучениях, возникающих при распаде ^{207}At . Измерения проводились с помощью спектрометров с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами, с $\text{Si}(\text{Li})$ -детектором, помещенным в магнитное поле, и спектрометра типа "Апельсин". Результаты по измерению E_γ, I_γ, I_e мультипольностям переходов и $e\text{-}\gamma$ -совпадениям представлены в трех таблицах. Обнаружено 220 γ -переходов, для 62 из них определены мультипольности. Интенсивность γ -переходов с энергией 814,41 кэВ равна $38 \pm 6\%$ на распад ^{207}At . Доля β^+ -распада составляет $\sim 1,2\%$ на распад. Полученные результаты позволяют составить более полное представление о схеме уровней и характеристиках уровней ^{207}Po .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Study of the Radiations in the ^{207}At Decay

The spectra of γ -rays, conversion electrons and $e\text{-}\gamma$ -coincidence in the decay of ^{207}At were studied. The aim of this work was to complete the experimental data of radiations initiated by the decay process of ^{207}At . The spectra were measured using spectrometers with $\text{Ge}(\text{Li})$ -detectors, $\text{Si}(\text{Li})$ -detector in magnetic field and spectrometer of the "Orange" type. The experimental results of E_γ, I_γ, I_e and $e\text{-}\gamma$ -coincidences, as well as the multipolarity of the transitions are represented in 3 tables. There were found 220 γ -transitions, and for 62 of them the multipolarity were determined. The intensity of the γ -transition with energy of 814,41 keV and the ratio of β^+ -decay were found to be $38 \pm 6\%$ and $\sim 1.2\%$ per decay, respectively. These results allow one more fully to complete our imagination about the scheme of ^{207}Po levels and of their characteristics.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

ВВЕДЕНИЕ

Первым довольно полным исследованием распада ^{207}At является работа Джонсона и др.^{/1/}. Авторы этой работы изучали спектры γ -лучей, электронов внутренней конверсии и $\gamma\text{-}\gamma$ -совпадений, используя $\text{Ge}(\text{Li})$ и $\text{Si}(\text{Li})$ -детекторы. При исследовании спектра электронов внутренней конверсии в области низких энергий использовался также магнитный β -спектрометр с двойной фокусировкой. В качестве источника излучения применялся ^{207}At -продукт распада ^{207}Rn , который получался при разделении радиоактивных изотопов радона на электромагнитном масс-сепараторе в режиме "он-лайн" с облучением мишени. В работе^{/1/} предложена схема распада $^{207}\text{At} \rightarrow ^{207}\text{Po}$, которая включает девятнадцать возбужденных состояний ^{207}Po .

Гамма-излучение ^{207}At при помощи $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов исследовалось также в работе^{/2/}. В качестве радиоактивного источника использовался ^{207}At , полученный по реакции $^{209}\text{Bi} (^3\text{He}, 5n)^{207}\text{At}$. Разделение препарата астата по массам не проводилось.

Н.А. Головков и др.^{/3/} предложили схему уровней ^{207}Po , возбуждающихся при α -распаде ^{211}Rn : 0, 68, 238, 391, 585, 684 и 812 кэВ.

Из сопоставления данных^{/1/} и^{/3/} видно, что при распаде $^{207}\text{At} \rightarrow ^{207}\text{Po}$ возбуждения состояний ^{207}Po с энергиями 391 и 684 кэВ не наблюдалось. Для установления причин этого расхождения между результатами указанных работ имеющегося экспериментального материала явно недостаточно.

Целью настоящей работы является получение более полного набора экспериментальных данных о распаде ^{207}At . В предлагаемой работе представлены результаты исследования спектров

γ -лучей, конверсионных электронов и e^- - γ -совпадений. В измерениях использовался моноизотоп ^{207}At .

Схема распада $^{207}\text{At} \rightarrow ^{207}\text{Po}$ и обсуждение полученных результатов будут опубликованы позже.

УСЛОВИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Радиоактивные изотопы астата образовывались при облучении ториевой мишени протонами с энергией 660 МэВ на синхротроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Астат из тория выделялся методом, аналогичным описанному в работе ⁴. Облученная мишень помещалась в горячую зону /1200°C / термохроматографической колонки и сжигалась в токе воздуха. Выделяющиеся во время сжигания летучие продукты выносились в градиентную по температуре часть колонки потоком воздуха. Астат сорбировался на серебряной фольге в зоне 50-180°C. Полученные таким образом его изотопы разделялись при помощи масс-сепаратора.

Спектры гамма-лучей исследовались с помощью спектрометров с Ge(Li) -детекторами объемом 0,8 см³, 38 см³ и 50 см³. Энергетическое разрешение детекторов: 570 эВ /для $E_\gamma \sim 100$ кэВ/, 2,3 и 2,5 кэВ /для $E_\gamma \sim 1,3$ МэВ/, соответственно. Экспериментальные результаты обрабатывались по методике, описанной в ⁵ /.

Спектры электронов внутренней конверсии были получены при помощи бета-спектрометра с Si(Li) -детектором /разрешение 2,5 кэВ на линии $^{121}^{152}\text{Eu}$ /, помещенным в магнитное поле ⁶, безжелезного торондального бета-спектрометра ⁷ и бета-спектрографов с разрешением 150-300 эВ ⁸.

Измерение спектров e^- - γ -совпадений проводилось на установке ⁹, собранной на базе торондального β -спектрометра и Ge(Li) -детектора объемом 41 см³ с разрешением $\sim 3,5$ кэВ для $E_\gamma \sim 1,3$ МэВ.

Для определения эффективности регистрации конверсионных электронов торондальным бета-спектрометром в области энергии электронов до 140 кэВ были использованы данные по распаду $^{169}\text{Lu} \rightarrow ^{169}\text{Yb} \rightarrow ^{169}\text{Tm}$ и $^{171}\text{Lu} \rightarrow ^{171}\text{Yb}$ из работ Артамоновой и др. ^{10,11}. В области 70-750 кэВ значения эффектив-

ности получены с помощью внутренних реперов - интенсивностей электронов внутренней конверсии для переходов с энергиями 167,90 (M1), 191,26 (M1), 236,48 (M1); 300,65 (M2); и 814,41 (E2) кэВ. Для этих переходов интенсивности конверсионных электронов были получены на основе экспериментальных значений I_γ и КВК, рассчитанных по программе центра данных ЛИЯФ ¹². Мультипольности первых трех переходов установлены нами при исследовании спектров электронов внутренней конверсии в области энергий до 140 кэВ. Мультипольность переходов 300,65 и 814,41 кэВ принята как M2 и E2, соответственно, согласно работам ^{1,13}. Эти же реперы были применены и для определения эффективности регистрации конверсионных электронов спектрометром с Si(Li) -детектором в области энергий 70-750 кэВ, а для области 500-1350 кэВ использовались интенсивности конверсионных электронов, сопровождающих распад ^{206}Po ¹⁴, ^{206}Bi ¹⁵ и ^{207}Po ¹⁶.

Экспериментальные результаты, полученные на основе анализа изучаемых спектров γ -лучей и конверсионных электронов, приведены в табл. 1-3. Ошибки интенсивностей γ -лучей и электронов внутренней конверсии определялись как среднеквадратические из 3-5 опытов. В погрешностях ΔI_γ и ΔI_e , приведенных в табл. 1 и 2, учтены также систематические ошибки - для I_γ 5%, а для I_e - 10%, обусловленные неточностью в определении относительных эффективностей регистрации γ -лучей и конверсионных электронов соответственно.

Результаты, полученные при исследовании спектров e^- - γ -совпадений - L_1 48,28 - γ , L_2 56,8 - γ , L_1 63,87 - γ , L_1 68,55 - γ , K121,03 - γ , K167,9 - γ , K191,26 - γ , K221,27 - γ , представлены в табл. 4. В каждом случае максимальная интенсивность совпадений принималась за 100 ед. В этих исследованиях было проведено по одному опыту, и погрешности полученных результатов в основном обусловлены статистическим разбросом точек в измеряемых спектрах и неопределенностью при введении поправки на фоновые совпадения. Учитывался вклад от случайных совпадений /<5%/. Ориентировочно можно принять, что для интенсивностей $I_{e\gamma}$ выше 20 единиц /табл. 4/ ошибки $\Delta I_{e\gamma}$ не превышают 30%, а для менее интенсивных совпадений они могут достигать 50%. Знак "+" указывает на наличие совпадений.

Таблица 1

Энергии γ -лучей, относительные интенсивности γ -лучей и конверсионных электронов ^{207}At . Мультипольности переходов ^{207}Po

$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$ кэВ	$I_\gamma(\Delta I_\gamma)$ отн. ед.	$I_e(\Delta I_e)$ отн. ед.	Мультипольность перехода	$I_{II}^{(T)}(\Delta I_{II})$ отн. ед.
1	2	3	4	5
76,86 K_{d_2}	660(70)	-	-	-
79,2 ^a K_{d_1}	II70(60)	-	-	-
89,8 K_{d_1}'	410(40)	-	-	-
92,4 K_{d_2}'	I31(8)	-	-	-
43,7(I) ^a	-	l_{11} 0,40(12)	MI+(≤ 33)% E2	1,3(8)
		l_{12} 0,67(23)		
45,8(I) ^a	-	l_{11} 0,22(4)	100% EI	0,9(2)
		l_{12} 0,24(3)	MI+(II+3)% E2	
		M_{I+2} 0,30(8)		
48,28(4)	0,36(7)	l_{11} 4,2(5)	MI+($\leq 1,5$)% E2	7,6(6)
		l_{12} 0,33(6)		
		l_{13} 0,37(7)		
		M_{I+2} 1,40(24)		
		M_{3+4+5} 0,39(II)		
56,8(I) ^a	-	l_{11} 0,54(16)	MI+($\leq 3,5$)% E2	7,2(12)
		l_{12} 2,5(4)		
		l_{13} 1,15(20)		
63,87(2)	0,53(9)	l_{11} 4,5(7)	EI+(≤ 9)% M2	7,6(9)
		l_{13} 0,55(20)	MI+(≤ 7)% E2	
65(I) ^a	-	l_{11} 0,62(14)	MI+(4,33)% E2	2,7(4)
		l_{12} 0,79(21)		
		l_{13} 0,41(17)		
68,55(2)	4,8(14)	l_{I+2} 52(6)	100% E2	142(9)
		l_{13} 43(5)		
		$l_{11}l_{12}$ 0,06 ^ж		
		$l_{12}l_{13}$ 1,09 ^ж		
		M_{I+2} 17,5(23)		
		N 5,2(6)		
69,40(3)	2,6(12)	l_{12} 1,90(23)	EI+(≤ 8)% M2	8,7(15)
		l_{13} 2,4(5)	MI+E2	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
97,27(4)	0,64(6)	L_1 0,39(7)	MI+(43+II)% E2	2,74(18)
		l_{12} 0,85(13)		
		l_{13} 0,36(6)		
121,03(3)	3,44(26)	K 11,0(14)	EI+(8,3+0,7)% M2	18,7(15)
		l_{I+2} 2,88(30)	MI+E2	
I30 ^d	-	-	-	-
156,54(5)	I,80(3I)	-	-	-
163,88(4)	4,4(II)	K 7,9(9)	EI+(I2+5)% M2	13,9(14)
		l_{I+2} 1,20(12)	MI+(≤ 16)% E2	
167,900(20)	22,5(12)	K 47(5)	MI+($\leq 4,2$)% E2	81(6)
		l_{I+2} 8,6(10)		
		$l_{11}l_{12}$ 9,4 ^ж		
		l_{13} $\leq 0,60$		
		N 0,32(14)		
169,08(3)	3,05(32)	K $\leq 6,0$	EI+(≤ 22)% M2	
			MI+E2	
187,15(15)	I,8(6)	K 2,58(28)	MI+(≤ 39)% E2	8,0(15)
		l_{11} $\leq 1,6$		
		l_{12} 0,45(6)		
		l_{13} $\leq 0,6$		
191,256(8)	II,8(7)	K 16,6(17)	MI+(≤ 10)% E2	34,5(24)
		l_{I+2} $\leq 3,2$		
		l_{13} $\leq 0,2$		
		M 0,77(17)		
		N $\leq 0,9$		
213,87(7)	2,4(6)	-	-	-
221,270(20)	26,7(15)	K 24,0(26)	MI+(≤ 20)% E2 ^ж	57,0(35)
		l_{11} ~ 4 ^ж		
		l_{12} $\sim 8,45$ ^ж		
233,58(5)	2,9(6)	K^2 2,24(3I)	MI+(≤ 35)% E2	5,7(7)
			EI+(24+6)% M2	
236,477(15)	2I,7(13)	K 17,4(18)	MI+(≤ 13)% E2 ^ж	43,4(23)
		l_{11} ~ 3 ^ж		
		l_{12} $\sim 0,4$ ^ж		
264,04(14)	3,8(10)	K $\sim 0,4$ ^ж	MI+E2, EI+M2	
268,08(6)	4,26(36)	K $\sim 0,4$ ^ж		
278,8(3)	~ 3	K $\sim 0,4$ ^ж	MI+E2, EI+M2	
286,835(35)	6,7(5)	K 0,66(17)	E2+(≤ 13)% MI	7,7(6)
			EI+(4,5+I,7)% M2	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
292,816(25)	8,1(7)	K	2,80(34)	MI+E2
		h_{I+2}	0,93(18)	EI+M2
300,648(13)	287(14)	K	393(19)	100% M2
		h_{I+2}	92(6)	
		$h_4: h_2$	75 ^ж	
		h_3	6,2(6)	
		M	25,4(28)	
324,408(20)	17,8(12)	K	5,9(6)	MI+(≤15)% E2 ^н
		h_{I+2}	0,74(25)	
		h_{I+2}	>5 ^ж	
336,80(35)	3,1(3)	K	0,72(10)	MI+(≤45)% E2 ^н
339,10(25)	4,0(4)	K	1,50(20)	100% MI ^н
343,5(1,0) ^б	-	-	-	-
357,153(15)	60,2(35)	K	15,6(10)	MI+(≤9,4)% E2
		h_{I+2}	3,8(8)	
		$h_4: h_2$	>7,5 ^ж	
		h_3	≤0,12	
		M	0,68(19)	
365,34(II)	5,00(30)	K	1,37(20)	MI+(≤15)% E2 ^н
373,14(8)	9,1(10)	K	~2,5 ^ж	MI+E2, EI+M2
		h_4	≤0,4 ^ж	
392,94(6)	17,9(14)	K	3,9(7)	MI+(≤16)% E2
		h_{I+2}	0,48(6)	EI+(19+3)% M2
411,10(4)	13,3(9)	K	≤2,50	e)
		h_{I+2}	0,87(12)	
425,19(25)	4,3(8)	-	-	-
432,96(10)	9,4(7)	K	~0,3 ^ж	
438,5(5)	~2	-	-	-
449,12(13)	4,8(4)	-	-	-
456,750(20)	40,5(26)	K	6,0(6)	MI+(≤4)% E2 ^н
		h_{I+2}	0,74(15)	
		$h_4: h_2$	>5 ^ж	
		M	0,40(20)	
459,690(30)	37,9(25)	K	1,11(12)	E2+(≤9,5)% MI
				EI+(5+2)% M2
467,116(13)	160(10)	K	5,8(7)	E2+(11+5)% MI
		h_{I+2}	1,41(19)	
		h_3	0,35(8)	
		M	0,36(8)	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
473,04(25)	3,5(5)	K	<0,5	MI, E2, EI	4,1(6)
487,96(8)	6,4(12)	-	-	-	-
498,23(16)	8,6(6)	-	-	-	-
503,40(13)	11,0(30)	K	0,88(13)	MI+(≤62)% E2 ^н	12,1(31)
511	59(7)	аннигиляционный пик			59(7)
520,78(9)	19,0(13)	K	1,77(20)	MI+(≤15)% E2 ^н	21,2(14)
		h_{I+2}	0,36(6)		
529,790(25)	77(5)	K	7,1(8)	MI+(≤9,3)% E2 ^н	66(5)
		h_{I+2}	1,29(19)		
		$h_4: h_2$	>7 ^ж		
538,53(12)	3,6(7)	-	-	-	-
553,58(22)	2,6(5)	-	-	-	-
562,10(20)	1,6(5)	-	-	-	-
583,340(30)	49,0(29)	K	2,49(28)	MI+(35+12)% E2 ^н	52(3)
588,333(23)	432(23)	K	9,3(10)	E2+(11+5) % MI	444(23)
		h_{I+2}	2,00(25)	EI+(9,0+1,4)% M2	
		$h_4/h_2/h_3$	1,3/0,9/<0,3 ^ж		
599(1) ^б	-	-	-	-	-
603,8(5)	8,0(16)	K	0,40(8)	MI+(≤56)% E2 ^н	8,5(16)
612(1) ^б	-	-	-	-	-
617,20(4)	40,5(24)	K	0,70(11)	E2+(≤13)% MI	41,4(24)
				EI+(8+2)% M2	
626,77(4)	43,0(25)	K	0,57(10)	E2+(≤3,3)% MI	43,8(25)
				EI+(5,5+1,7)% M2	
637,270(20)	56(5)	K	3,1(4)	MI+(≤23)% E2 ^н	60(5)
		h_{I+2}	0,55(9)		
641,00(7)	14,0(17)	K	0,56(10)	MI+(34+22)% E2 ^н	14,7(17)
648,095(20)	96(7)	K	5,2(7)	MI+(≤17)% E2 ^н	103(8)
		h_4	~0,9 ^ж		
		h_2	<0,2 ^ж		
658,40(15)	144(16)	K	4,3(7)	E2+(47+20)% MI	150(17)
		h_{I+2}	0,80(13)	EI+(20+4)% M2	
670,41(7)	84(8)	K	0,79(21)	EI+(4+2)% M2	85(8)
				(100% E2)	
675,154(23)	152(10)	K	0,62(11)	EI+(≤0,17)% M2	153(10)
681,80(14)	1,50(20)	-	-	-	-
686,0(10)	~45 ^б	-	-	-	-
693,33(6)	57,7(33)	K	0,75(10)	E2+(≤14)% MI	58,7(35)
				EI+(8+3)% M2	

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
721,14(4)	I35(11)	K h_{1+2}	6,2(9) I,24(19)	MI+(≤ 23)% E2 ^л I43(12)
726,0(2)	9(3)	-	-	-
755,08(9)	II,1(9)	-	-	-
760(1) ^б	-	-	-	-
765,03(10)	I2,8(9)	-	-	-
768,30(30)	II,2(7)	-	-	-
772,20(15)	9,0(6)	-	-	-
781,0(15) ^б	-	-	-	-
789,54(25)	5,0(6)	-	-	-
793(1) ^б	-	-	-	-
798,20(12)	5,4(6)	-	-	-
814,407(27)	I000(50)	K h_{1+2} $h_4:h_2$ h_3	8,5(4) I,84(20) > 2,6 ^ж < 0,4	100% E2 I010(50)
820,50(15)	I2,0(16)	-	-	-
833,06(10)	I0,6(15)	-	-	-
838(1) ^б	-	-	-	-
847,55(17)	6,7(12)	K	0,25(6)	MI+($\leq 0,6$)% E2 ^л 7,1(12)
852,46(16)	5,5(5)	-	-	-
862,46(5)	I6,0(11)	K	0,42(4)	MI+(≤ 16)% E2 ^л I6,4(11)
865,3(4)	5,0(6)	K	0,18(6)	MI+(≤ 10)% E2 ^л 5,2(6)
880,92(4)	24,5(18)	K	0,27(5)	E2+(≤ 51)% MI 24,9(18) EI+(15+9)% M2
893,34(23)	7,9(9)	-	-	-
907,08(3)	I49(9)	K h_{1+2}	3,1(5) 0,64(12)	MI+(≤ 30)% E2 ^л I53(9)
932,3(20)	8,6(7)	-	-	-
934,6(3)	~ 2	-	-	-
948,37(10)	I5,0(12)	-	-	-
959,79(18)	4,8(5)	-	-	-
967,80(9)	5,9(11)	-	-	-
974 ^б	-	-	-	-
I001,5(5)	~ 2	-	-	-
I004,56(6)	5,4(8)	-	-	-
I015,40(8)	5,3(6)	-	-	-
I021,67(12)	I9,6(12)	K	0,13(4)	E2+(≤ 30)% MI EI+(12+6)% M2 I9,8(13)

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
I024,6(2)	3(1)	-	-	-
I042,39(8)	6,6(6)	-	-	-
I054,22(4)	24,0(17)	K L	0,34(4) 0,07(2)	MI+(≤ 28)% E2 ^л 24,4(18)
I077,68(3)	44,4(27)	-	-	-
I081,0(15) ^б	-	-	-	-
I087,06(10)	6,1(7)	-	-	-
I095,13(15)	3,7(5)	-	-	-
III5,196(24)	I08(6)	K L	0,55(7) 0,24(4)	e) I09(7)
III8,25(8)	9,1(9)	-	-	-
II27,90(30)	3,0(10)	-	-	-
II31,72(6)	I0,2(8)	-	-	-
II34,57(26)	2,0(5)	-	-	-
II39,03(22)	I,7(5)	-	-	-
II54,65(11)	3,6(6)-	-	-	-
II63,16(33)	2,0(5)	-	-	-
II71,62(4)	27,9(17)	K	0,106(15)	E2+($\leq 0,4$)% MI EI+(11+3)% M2 28(17)
II74,60(8)	I0,3(8)	-	-	-
II88,260(30)	38,7(23)	K	0,20(5)	E1+(15+6)% M2 E2+(≤ 33)% MI 39,0(23)
II93,44(7)	I0,6(6)	-	-	-
I225,620(30)	26,4(18)	K	$\leq 0,28$	MI+E2 ^л 26,6(19)
I242,62(7)	I7,5(15)	K	0,180(27)	MI+(≤ 23)% E2 ^л I7,7(16)
I245,46(5)	I3,4(11)	-	-	-
I254,11(15)	2,52(22)	-	-	-
I263,71(4)	I2,1(9)	K	0,18(6)	(MI) ^л I2,3(9)
I275,17(25)	3,1(3)	-	-	-
I277,83(23)	3,3(4)	-	-	-
I283,08(4)	27,4(16)	-	-	-
I291,83(35)	2,30(26)	-	-	-
I298,84(24)	4,2(11)	-	-	-
I305,43(25)	5,8(16)	-	-	-
I320(1)	3,6(18)	-	-	-
I323,12(15)	4,5(6)	-	-	-
I331,63(12)	4,0(6)	-	-	-
I334,0(10)	~ I	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
I339, I7(16)	6,2(7)	-	-	-
I348, 0(10)	~2	-	-	-
I350, 73(11)	9,4(9)	-	-	-
I364, 70(20)	3,0(5)	-	-	-
I380, 5(10) ^{б)}	-	-	-	-
I396, I9(4)	31,8(18)	K ~0,06	(E1)	31,9(18)
I409, 86(5)	25,9(15)	K 0,16(4)	MI+(≤ 21)% E2 ^{д)}	26,1(15)
I413, I5(5)	22,4(13)	K 0,16(4)	MI+(≤ 5)% E2 ^{д)}	22,6(14)

Примечание:

- а) Переход обнаружен только в конверсионном спектре.
б) Переход обнаружен только в спектре $e^- \gamma$ -совпадений.
в) Интенсивность оценена из данных по $e^- \gamma$ -совпадениям.
г) Полная интенсивность перехода бралась как сумма имеющихся экспериментальных значений I_γ и I_e , а в случае их отсутствия использовались расчетные значения I_γ или I_e для полученных в эксперименте мультипольностей.
д) Для этих переходов может быть также E1+(≥ 20)% M2.
е) Возможно, это дублет.
ж) Данные получены на магнитных бета-спектрографах с постоянным магнитным полем и регистрацией спектров на фотолампах. Ввиду трудностей количественной оценки погрешностей ошибки не приводятся.

Используя экспериментальные значения интенсивностей рентгеновских лучей и конверсионных K-электронов и учитывая, что доля α -распада ^{207}At составляет 10%¹⁷, мы рассчитали абсолютные интенсивности $I_{\gamma 814} = 38 \pm 6\%$ и $I_\beta = 1,2\%$ на распад ^{207}At . Поправки на флуоресцентный выход и захват орбитального электрона с L, M и N оболочек брались из работ^{18, 19} соответственно, а при оценке I_β принималось, что интенсивность γ -лучей с энергией 511 кэВ $I_\gamma = 59 \pm 7$ ед. табл. 1/ полностью обусловлена аннигиляцией позитронов. Коэффициент счета аннигиляционных квантов принят = 2.

Сравнение наших результатов с данными^{1, 2/} показывает, что в основном результаты всех трех работ согласуются друг с другом. Имеются и некоторые противоречия. По нашим данным, интенсивности переходов с энергиями 422,2 и 960,6 кэВ не больше 1 и 5 ед. /табл. 1/ соответственно. В работе^{1/} эти переходы даются с интенсивностями 41 ± 3 и 50 ± 4 ед. /табл. 1

Таблица 2

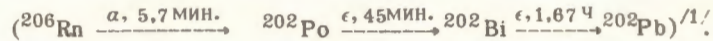
E_γ (ΔE_γ) кэВ	I_γ (ΔI_γ) отн. ед.	E_γ (ΔE_γ) кэВ	I_γ (ΔI_γ) отн. ед.	E_γ (ΔE_γ) кэВ	I_γ (ΔI_γ) отн. ед.
1	2	1	2	1	2
I450, 75(20)	1,30(30)	I867, 97(25)	1,7(5)	2457, 57(35)	3,73(29)
I455, 06(25)	0,80(20)	I875, 74(15)	7,2(5)	2473, 69(25)	2,02(25)
I488, 91(12)	6,9(7)	I881, 19(27)	2,00(30)	2486, 65(35)	3,22(32)
I493, 23(12)	5,7(6)	I887, 47(15)	4,0(6)	2514, 30(15)	1,20(30)
I506, 97(9)	14,3(9)	I891, 87(11)	6,8(8)	2526, 50(30)	0,90(20)
I510, 68(8)	11,7(8)	I897, 0(5)	1,3(4)	2535, 57(25)	1,74(17)
I548, 21(8)	26,1(16)	I908, 22(25)	3,3(5)	2545, 38(18)	3,7(5)
I552, 48(13)	7,2(5)	I993, 7(5)	2,0(4)	2558, 42(12)	6,4(6)
I556, 54(11)	6,2(7)	2006, 58(26)	1,81(27)	2566, 10(13)	6,3(6)
I574, 64(11)	3,7(4)	2016, 25(10)	16,0(11)	2572, 65(20)	1,97(30)
I589, 19(15)	3,8(4)	2026, 78(18)	4,20(37)	2582, 4(4)	0,63(6)
I598, 31(18)	2,90(30)	2046, 21(26)	3,0(5)	2591, 30(15)	4,3(4)
I631, 16(20)	2,10(30)	2053, 02(30)	6,6(8)	2627, 36(15)	3,13(25)
I641, 82(6)	21,1(12)	2056, 20(30)	3,5(6)	2684, 21(15)	2,94(25)
I676, 50(10)	68(4)	2064, 51(32)	4,1(4)	2691, 20(30)	0,76(20)
I684, 07(18)	2,60(30)	2071, 60(27)	2,1(4)	2712, 50(15)	27,4(17)
I697, 0(4)	1,20(12)	2075, 27(7)	11,0(10)	2721, 3(5)	0,90(20)
I712, 60(9)	29,8(18)	2099, 5(5)	3,0(10)	2772, 70(35)	2,10(30)
I716, 39(10)	20,9(12)	2134, 10(20)	2,5(4)	2792, 5(4)	0,70(20)
I719, 1(4)	4,2(6)	2143, 57(12)	3,6(4)	2800, 6(4)	~ 1
I730, 70(6)	84(5)	2188, 79(25)	2,80(35)	2854, 70(30)	1,20(20)
I736, 7(4)	1,5(6)	2197, 0(5)	2,4(7)	2861, 80(30)	1,20(20)
I745, 32(7)	15,6(9)	2293, 81(25)	1,50(24)	2877, 0(7)	0,60(15)
I768, 0(5)	1,60(31)	2303, 50(30)	1,33(20)	2888, 12(35)	1,00(25)
I772, 77(7)	15,0(9)	2342, 65(10)	16,3(12)	2962, 5(6)	0,60(10)
I781, 6(7)	12,1(8)	2365, 45(20)	1,60(22)	2968, 5(5)	0,50(10)
I786, 5(7)	19,3(11)	2373, 45(25)	0,90(14)	3008, 9(5)	1,06(21)
I805, 25(6)	16,4(12)	2380, 42(15)	1,46(13)	3080, 4(6)	0,40(12)
I807, 5(4)	7,9(26)	2393, 04(15)	3,25(30)	3096, 5(7)	0,59(15)
I811, 42(23)	5,3(12)	2426, 52(28)	1,00(30)	3179, 2(5)	0,80(12)
I825, 52(18)	4,3(7)	2444, 3(5)	0,85(25)	3272, 1(5)	0,42(7)
I854, 54(9)	12,1(9)	2450, 75(30)	1,7(4)	3458, 3(7)	~ 0,5

Таблица 3

Переходы, предположительно отнесенные к распаду ^{207}At

$E_{\gamma} (\Delta E_{\gamma})$ кэВ	$I_{\gamma} (\Delta I_{\gamma})$ отн. ед.	$I_e (\Delta I_e)$ отн. ед.
123,38(17)	0,61(12)	K 2, I3(31)
747,07(9)	9,5(8)	-
1050,62(32)	2,5(5)	-
1465,63(17)	2,60(30)	-
1472,77(30)	0,90(20)	-
1482,42(17)	3,2(10)	-
1584,07(30)	4,2(6)	-
2030,0(4)	5,1(5)	-
2129,5(3)	2,40(20)	-
2644,2(5)	2,2(4)	-
2668,4(4)	0,90(30)	-

и 2/ соответственно. В работе^{2/} переход с энергией 422,2 кэВ обнаружен, но имеет интенсивность, в 8 раз меньшую, чем в^{1/}, а переход с энергией 960,6 кэВ, как и у нас, не наблюдался. По нашему мнению, рассматриваемые переходы могут быть обусловлены распадом ^{202}Bi ^{20/}, который мог образоваться в источнике при α -распаде примесного ^{206}Rn



Экспериментальные результаты настоящей работы существенно дополняют опубликованные ранее^{1,2/}. Нами обнаружено более 220 γ -переходов, сопровождающих распад ^{207}At , причем сведения о 140 γ -переходах получены впервые. Для 62 переходов определены мультипольности, для 38 из них - впервые. Получены первые сведения о $e^{-}\gamma$ совпадениях при распаде ^{207}At .

Таблица 4

Относительные интенсивности $e^{-}\gamma$ -совпадений

E_{γ} кэВ	$I_{e\gamma}$ отн. ед.	E_{γ} кэВ	$I_{e\gamma}$ отн. ед.	E_{γ} кэВ	$I_{e\gamma}$ отн. ед.	E_{γ} кэВ	$I_{e\gamma}$ отн. ед.	E_{γ} кэВ	$I_{e\gamma}$ отн. ед.
L_{248}		L_{268}		456	II	503	+	K19I	
121	5	156	+	467	65	529	+	456	40
213	+	167	35	487	35	603	+	467	80
221	+	191	+	511	15	626	+	473	15
264	+	221	25	520	10	648	20	529	55
343	35	286	+	588	70	658	+	588	20
357	10	292	5	637	35	670	100	617	8
365	15	324	40	670	+	675	55	641	17
459	35	449	6	675	+	681	5	670	25
588	25	617	65	686	25	693	7	675	100
599	100	626	6	760	55	721	25	907	40
603	25	648	25	793	25	726	6	1054	15
612	+	658	+	838	45	820	5		
814	60	670	100	932	+	847	+	K22I	
1081	+	675	50	1087	+	852	+	292	17
		721	25	1118	50	974	+	324	7
L_{256}		726	10	1171	+	1001	6	392	10
520	+	772	+	1320	100	1095	+	588	9
675	+	798	9	1409	+	1171	7	617	60
755	+	880	7	2342	130	1174	7	648	20
772	+	948	7	K167		1245	+	675	100
781	+	1001	8	97	+	1263	+	686	80
833	+	1118	10	130	+	1275	+	721	40
		1245	10	156	+	1277	+	1396	20
L_{263}		1275	+	191	+	1323	+	1507	12
459	+	1348	12	221	+	1334	+	1712	+
599	+	1396	25	264	+	1364	+		
1081	+	1507	9	278	+	1396	15		
1245	+	1676	10	286	+	1507	7		
1320	+			292	+	1730	+		
1380	+	K12I		449	7				
1507	+	167	12						

В заключение мы благодарим Ц. Вылова, Ш. Оманова, В. М. Горжанкина и Н. А. Головова за помощь при проведении экспериментов, а также И. В. Никитяну за вычисление теоретических значений КВК на ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jonson B. et al. *Nucl. Phys.*, 1971, A177, p. 81.
2. ИКО Progress Report 71/72, p.60.
3. Головкин Н.А. и др. Изв. АН СССР, сер физ., XXXV, 1971, № 11, с. 2272.
4. Вахтель В.М. и др. *Радиохимия* 18, 1976, № 6, с. 886.
5. Вылов Ц. ОИЯИ, Р6-10417, Дубна, 1977.
6. Вылов Ц. и др. В сб.: "Прикладная ядерная спектроскопия", 1976, вып. 6, с. 3.
7. Гасиор М. и др. ОИЯИ, Д6-7094, Дубна, 1973, с. 167.
8. Абдуразаков А.А., Громов К.Я., Умаров Г.Я. "Бета-спектрографы с постоянными магнитами". Изд. "ФАН" УзССР, Ташкент, 1970.
9. Кузнецов В.В. и др. Тезисы докладов XXVIII совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Алма-Ата, 1978, с. 508.
10. Артамонова К.П. и др. Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Л., 1975, с. 133.
11. Артамонова К.П. и др. Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Л., 1975, с. 129.
12. Банд И.М. и др. Препринты ЛИЯФ, №№ 289-300, Л., 1977.
13. Schmidt-Ott W.D., Dincklage R.D. *Z. Physik*, 1978, A286, p. 301.
14. Kanbe M., Fujioka M., Hisatake K. *Journ. Phys. Soc.*, 1975, 38, p. 917.
15. Kanbe M., Fujioka M., Hisatake K. *Nucl. Phys.*, 1972, A192, p. 151.
16. Arbman E., Burde J., Gerholm T.R. *Ark. Fysik*, 1958, 13, p. 501.
17. Schmorak M.R., Auble P.L. *Nucl. Data Sheets*, 1971, B5, p. 207.
18. Кн.: "Альфа-, бета- и гамма-спектроскопия". Под ред. К. Зигбана, Атомиздат, М., 1969, т. 4, с. 210.
19. Джеленов Б.С., Зырянова Л.Н., Суслев Ю.П. "Бета-процессы", Изд. "Наука", Л., 1972.
20. Coring S., Hanser A. *Z. Physik*, 1974, 271, p. 183.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 июля 1979 года.