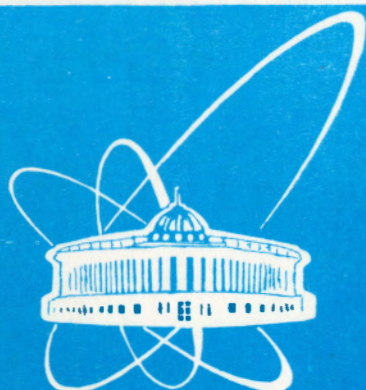


94-173



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P6-94-173

Ю.С.Бутабаев, И.Адам, К.Я.Громов,
С.С.Елисеев, Р.А.Ниязов, Ю.В.Норсеев,
В.И.Фоминых, А.Х.Холматов*, В.В.Цупко-Ситников,
В.Г.Чумин, М.Б.Юлдашев

ИССЛЕДОВАНИЯ α - γ -СОВПАДЕНИЙ
ПРИ РАСПАДЕ ^{221}Fr

Направлено в журнал «Известия РАН, серия физическая»,
Оргкомитет 44 Международного совещания по ядерной
спектроскопии и структуре атомного ядра,
г. Санкт-Петербург, май 1994 г.

*Ташкентский государственный университет, Узбекистан

1994

Распад ^{221}Fr изучался С.-Ф. Лянгом и др. [1] и Б.С. Желеповым и др. [2,3,4] более двадцати лет тому назад. Исследованы тонкая структура α - спектра ^{221}Fr , спектры γ -лучей и конверсионных электронов. Изучались α - γ -совпадения [1,5]. Предложена схема распада ^{221}Fr с двенадцатью возбужденными состояниями ^{217}At . Однако, несколько уровней ^{217}At введено только на основе наблюдения слабых α -линий тонкой структуры; γ -лучи при распаде этих уровней не обнаружены. Спины и четности определены только для основного и двух возбужденных состояний. Между тем, изучение структуры возбужденных состояний $^{217}_{85}\text{At}_{132}$ представляет интерес с точки зрения наблюдения их свойств, связанных с октупольной деформацией, наблюдаемой в этой области ядер.

В настоящей работе изучены спектры α - γ - совпадений при распаде ^{221}Fr .

1. Методика эксперимента. Результаты

В экспериментах использован источник ^{225}Ac , выделенный из ^{229}Th ($7 \cdot 10^3$ лет) ионообменным методом. ^{229}Th выделен из ^{233}U и очищен более трех лет тому назад. Повторная очистка фракции актиния на катионите позволяла полностью освободиться от

возможной примеси ^{225}Ra (14 дней). После повторной очистки актиний переводился в раствор слабой азотной кислоты и электролитически высаживался на электрод из танталовой фольги. В измерениях использовался ^{225}Ac , полученный вакуумным напылением (с танталовой подложки) на алюминиевую фольгу толщиной 0.3 мм. В источнике быстро накапливались и содержались в равновесии радиоактивные изотопы, следующие за распадом ^{225}Ac (рис.1). Посторонних примесей в источнике ^{225}Ac мы не наблюдали.

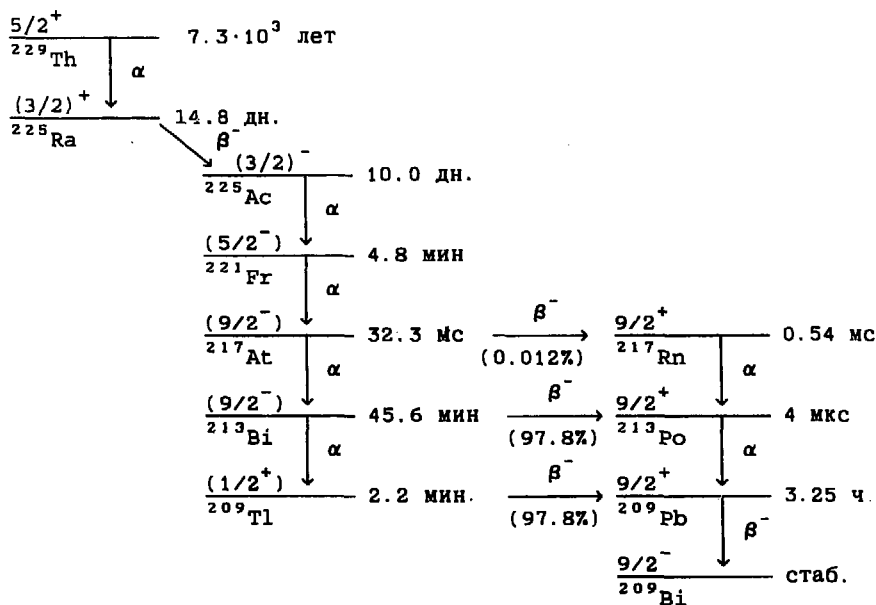


Рис.1. ^{229}Th и продукты его распада

В экспериментах для регистрации α - частиц использовался поверхностно-барьерный Si(Au)- детектор ($\phi=10$ мм, $fwhm=30$ кэВ). X- и γ - лучи регистрировались с помощью детектора из сверхчистого германия (HrGe) объемом 84 см^3 , и $fwhm=1.03$ кэВ на γ - линии с

энергией 150 кэВ. Разрешающее время схемы совпадений составляло 50 нс.

Отбор совпадений осуществлялся путем установки цифровых окон на спектре α - частиц. В память ПЭВМ IBM PC AT 386 записывались спектры γ -лучей, совпадающих с α -частицами, энергия которых попадала в выбранные окна. Одновременно записывались одиночные спектры α - и γ - лучей и интегральные спектры совпадений с обоих детекторов (спектры γ - лучей и α - частиц, совпадающих с любыми α - частицами и γ - лучами соответственно).

Обработка спектров проводилась стандартным образом [6] с использованием программы "Каток" [7]. Для калибровки использованы источники γ -излучения ^{241}Am , ^{182}Ta и ^{133}Ba .

На рис. 2 показаны одиночный и интегральный γ - спектры, измеренные на HrGe - детекторе с $V=84 \text{ см}^3$. Спектры γ - лучей, полученные в совпадениях с α - частицами $E_{\alpha}=5980; 5966; 5939; 5925; 5783; 5776 \text{ кэВ}$, приведены на рис.3. На рис.3 отмечены энергии γ -переходов, возникающих при совпадениях в установленном окне. Другие пики связаны с совпадениями с "хвостами" α -линий, случайными совпадениями и совпадениями с линиями тонкой структуры ^{225}Ac .

Результаты экспериментов представлены в таблице 1. В первых двух колонках представлены полученные данные об энергиях и интенсивностях γ -лучей, сопровождающих распад ^{221}Fr . Спектр γ -лучей цепочки ^{225}Ac сложный: содержит γ - линии ряда изотопов (см. рис.1,2). В табл.1 распаду ^{221}Fr приписаны γ - переходы, наблюдающиеся в совпадениях с α -линиями тонкой структуры ^{221}Fr . При этом способе идентификации γ -переходов ^{221}Fr можно пропустить переходы при разрядке изомерных состояний, но явных указаний на

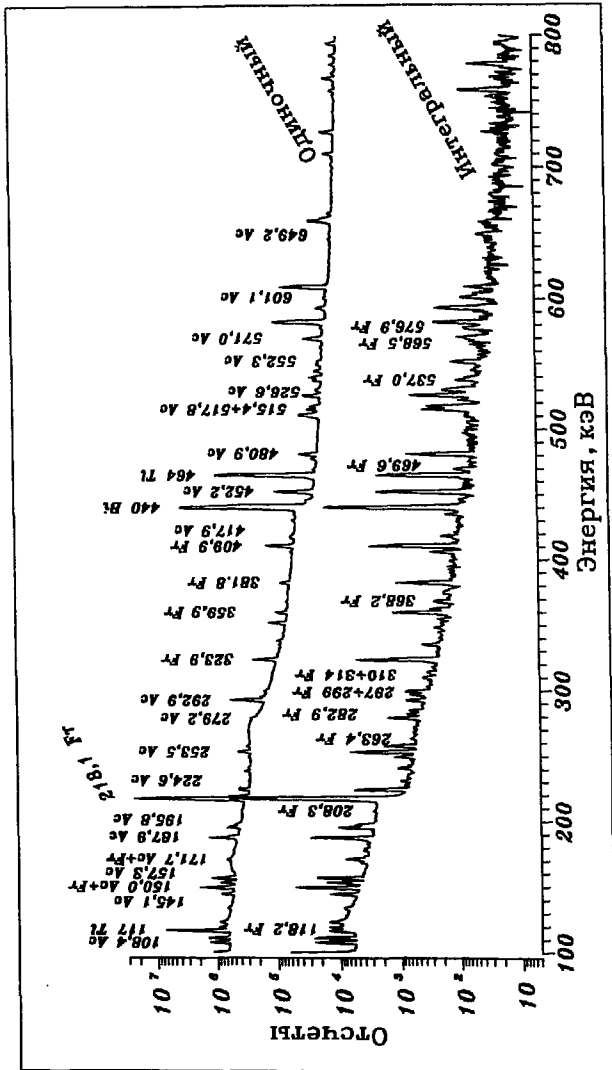


Рис.2. Гамма-спектры, измеренные на HPGe - детекторе с $V = 84 \text{ см}^3$

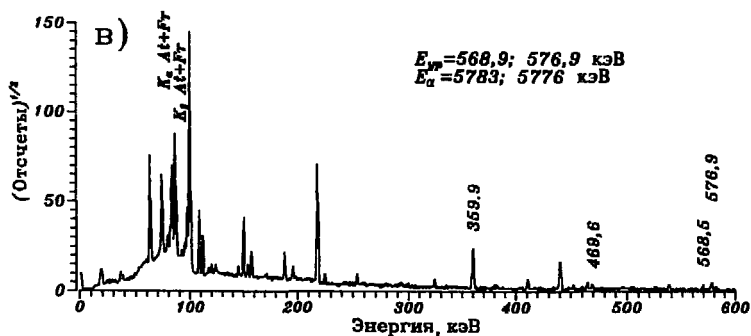
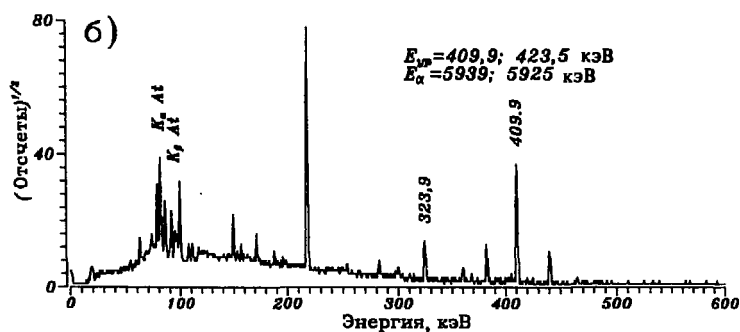
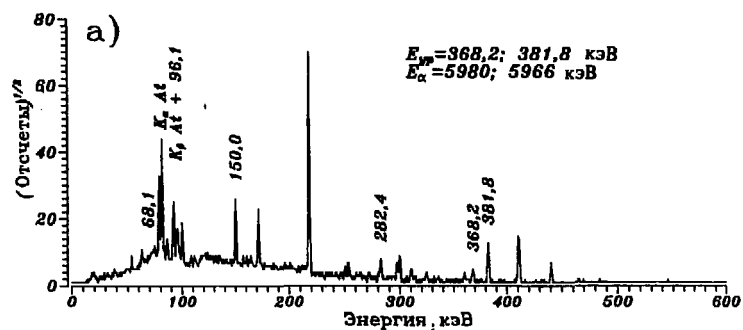


Рис. 3. Спектры γ -лучей, совпадающих с линиями тонкой структуры α -спектра ^{221}Fr : а) в окне $E_{\alpha} = 5.97 \text{ МэВ}$ (заселение уровней 368 и 382 кэВ); б) в окне $E_{\alpha} = 5.93 \text{ МэВ}$ (заселение уровней 410 и 424 кэВ); в) в окне $E_{\alpha} = 5.78 \text{ МэВ}$ (заселение уровней 569 и 577 кэВ)

Таблица 1. Гамма-лучи при распаде Fr . Результаты изучения α - γ -совпадений

E, кэВ γ	Е α , средн. I α ×100 %	6243 134	6126 1510	6076 15	6037 0.3	5970 49+8	5930 17+3	5813 0.4	5780 0.5+6	5689 0.1+0.2
	I γ , %расп. ×100	Бур, кэВ	99,5	218	271	310	368;382	409;424	537	568;577
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
53.54 (18) H	0.45 (5)	—	—	46 (14)	—	—	—	—	—	—
68.11 (15) H	0.5 (2)	—	—	—	—	110 (22)	—	—	—	—
96.12 (18) H	1.4 (4)	—	—	—	—	+	—	—	—	—
99.52 (6)	11.2 (5)	71 (5)	13 (2)	—	6 (2)	—	14 (1)	—	—	—
118.18 (9)	2.4 (3)	—	140 (50)	—	—	—	—	—	—	—
150.04 (4)	5.9 (10)	—	—	—	—	50 (10)	—	—	—	—
171.68 (4)	7.9 (3)	—	—	63 (7)	—	15 (2)	—	—	—	—
201.44 (50) H	0.06 (3)	—	—	—	—	—	—	—	64 (40)	—
208.27 (50) H	0.45 (8)	—	105 (60)	—	—	—	—	—	—	—
218.14 (3)	1110 (30)	—	≅100	—	—	—	—	—	—	—
263.39 (14) *H	0.21 (6)	—	—	—	—	26 (16)	—	—	—	—
282.36 (15)	0.12 (4)	—	—	—	—	70 (12)	—	—	—	—
297.11 (40) *H	0.85 (8)	—	—	—	49 (10)	—	—	—	—	—
299.59 (14) *H	1.4 (7)	—	—	—	52 (20)	—	—	—	—	—
310.14 (16) H	0.45 (8)	—	—	—	69 (20)	—	—	—	—	—
314.11 (17) H	0.24 (6)	—	—	—	30 (13)	—	—	—	—	—
323.99 (6)	1.9 (8)	—	—	—	—	—	70 (5)	—	—	—

Таблица 1 /продолжение/

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
359.92(6)	3.9(12)	—	—	—	—	—	—	—	87(8)	—
368.18(10) н	0.53(6)	—	—	—	—	47(11)	—	—	—	—
381.81(4)	3.3(2)	—	—	—	—	61(5)	—	—	—	—
409.93(7)	12.4(2)	—	—	—	—	—	86(22)	—	—	—
445.07(20) н	0.09(4)	—	—	—	—	—	—	—	—	74(40)
469.6(2)	0.29(4)	—	—	—	—	—	—	—	42(9)	—
537.0(2) н	0.30(4)	—	—	—	—	—	—	57(18)	—	—
568.5(3) н	0.15(4)	—	—	—	—	—	—	—	38(16)	—
576.9(4) н	0.37(6)	—	—	—	—	—	—	—	102(18)	—

Примечание: "н" - новые γ -переходы,

"*" - γ -переходы, не размещенные в схеме распада .

существование таких состояний с $T_{1/2} > 50$ нс ; отсутствие γ -переходов с уровней, на которых наблюдался α -распад, не обнаружено.

Анализ результатов исследования α - γ -совпадений проводился, как в [8], с использованием отношений площадей пиков γ -лучей в спектрах совпадений к площадям тех же пиков в одиночном спектре:

$$R_{\gamma k i}^{\alpha i} = \frac{S_{\gamma k i}^{\alpha i}}{S_{\gamma k i}} \quad (1)$$

$S_{\gamma k i}$ и $S_{\gamma k i}^{\alpha i}$ - экспериментально измеренные площади этих пиков.

При этом : $S_{\gamma k i} = N \cdot \epsilon_{\gamma k i} \cdot a_{\gamma k i}$ и $S_{\gamma k i}^{\alpha i} = N \cdot W \cdot \epsilon_{\alpha i} \cdot \epsilon_{\gamma k i} \cdot a_{\gamma k i}^{\alpha i}$,

где: $a_{\alpha i}$ и $a_{\gamma k i}$ - интенсивности α -частиц на уровень номер i и γ -лучей с уровня k на уровень l , нормированные на 100% распадов;

$a_{\gamma k i}^{\alpha i}$ - интенсивность совпадений α_i -частиц с $\gamma_{k i}$ -лучами (так же в % на распад), схемный коэффициент совпадений (СКС);

N - полное число распадов;

$\epsilon_{\alpha i}$, $\epsilon_{\gamma k}$ - эффективности регистрации α - и γ -лучей (включая телесные углы);

W - эффективность регистрации совпадений.

Схемный коэффициент совпадений (СКС) определим следующим образом:

$$a_{\gamma k i}^{\alpha i} = a_{\alpha i} \cdot K_k^i \cdot \frac{a_{\gamma k i}}{\sum_j a_{\text{пк}j}} \quad (2)$$

при этом: $\sum_j a_{\text{пк}j} = a_{\alpha i}$ - сумма интенсивностей всех (γ и ЭВК)

переходов с уровня k (заселенность уровня k);

K_k^i - коэффициент связи уровней i и k (т.е. часть интенсивности заселения уровня i , попадающая на уровень k).

В частном случае совпадений с γ -лучами с уровня, на который происходит α -распад ($i=k$), $K_k^i=1$,

$$a_{\gamma_{ii}}^{\alpha i} = a_{\alpha i} \cdot \frac{a_{\gamma_{ki}}}{\sum_j a_{\pi_{kj}}} \quad (2')$$

и

$$R_{\gamma_{ii}}^{\alpha i} = W \cdot \varepsilon_{\alpha i} \cdot \frac{a_{\alpha i}}{\sum_j a_{\pi_{ij}}} \quad (3)$$

Формулы 1, 2, 2' и 3 позволяют сделать следующие утверждения:

а) равенство отношений $R_{\gamma_{ki}}^{\alpha i}$ в окне α_i для разных переходов (γ_{ki}) указывает на возможность, что эти переходы (γ_{ki}) идут с одного уровня, но их различие исключает такую возможность;

б) большая величина $R_{\gamma_{ki}}^{\alpha i}$ позволяет связать переходы γ_{ki} с уровнем, на который идет α -распад ($i=k$);

в) при соответствующей нормировке величин $R_{\gamma_{ki}}^{\alpha i}$ имеется возможность определять величину $a_{\alpha i} / \sum_k a_{\pi_{ik}}$ (см. (3)) - долю (%) заселения уровня прямым α -распадом.

Отношения $R_{\gamma_{ki}}^{\alpha i}$ представлены в колонках 3-11 таблицы 1. Над колонками выписаны средние энергии α -частиц в окне, интенсивности α -заселения уровня и энергии уровней, на которые происходит α -распад. При вычислении отношений $R_{\gamma_{ki}}^{\alpha i}$ вместо площадей пиков $S_{\gamma_{ki}}$ в одиночном спектре использованы их площади в интегральном спектре, т.к. в интегральном спектре отсутствуют пики γ -лучей, возникающих при распаде изотопов, испытывающих β^- -распад, и фоновые условия лучше, а относительные интенсивности

пиков в интегральном спектре те же, что и в одиночном спектре.

Баланс интенсивностей при распаде ^{221}Fr показывает, что отношение интенсивности $a_{\alpha 6124}$ к сумме интенсивностей с уровня 218,1 кэВ равно $(0,97 \pm 0,03)$, поэтому в табл.1 значение $R_{\gamma 218}^{\alpha 6124}$ принято за 100 и все другие величины $R_{\gamma k1}^{\alpha 1}$ нормированы по этому значению. Указанные в табл.1 погрешности $\Delta R_{\gamma k1}^{\alpha 1}$ обусловлены главным образом погрешностями определения площадей пиков.

2. Обсуждение результатов. Схема распада

Рассмотрим результаты изучения α - γ -совпадений по установленным окнам $E_{\alpha i}$ (по уровням ^{217}At).

Окно $E_{\alpha} = 6340$ кэВ, основное состояние ^{217}At . В этом окне наблюдались совпадения только с одним γ -переходом 758 кэВ, который мы относим к распаду ^{217}At на уровень с такой энергией. Ввиду отсутствия совпадений, связанных с распадом ^{221}Fr , это окно в таблицу не включено.

Окно $E_{\alpha} = 6243$ кэВ ($E_{\gamma p} = 99,5$ кэВ). Наблюдаются совпадения с $\gamma 99,5$ кэВ. Значение $R_{\gamma 99,5}^{\alpha 6243} = 71(5)$, т.е. этот уровень в 29(5)% случаев заселяется γ -переходами.

Окно $E_{\alpha} = 6126$ кэВ ($E_{\gamma p} = 218,1$ кэВ). Обнаружены совпадения с $\gamma 218,1$ кэВ - $R_{\gamma 218,1}^{\alpha 6126} = 100(5)$; $\gamma 118,2$ кэВ - $R_{\gamma 118,2}^{\alpha 6126} = 140(50)$; $208,3$ кэВ - $R_{\gamma 208,3}^{\alpha 6126} = 105(60)$ и $\gamma 99,5$ кэВ - $R_{\gamma 99,5}^{\alpha 6243} = 13(2)$. Одинаковые в пределах ошибок значения $R_{\gamma k1}^{\alpha 1}$ позволяют направить γ -переходы 218,1 кэВ, 118,2 кэВ и 208,3 кэВ с уровня 218,1 кэВ и ввести таким образом новый уровень ^{217}At с энергией 9,8(4) кэВ. Ослабленные совпадения с $\gamma 99,5$ кэВ возникают в каскаде через $\gamma 118,2$ кэВ.

Окно $E_{\alpha} = 6076$ кэВ ($E_{ур} = 271,4$ кэВ). Наблюдаем совпадения с $\gamma_{53,5}$ кэВ - $R_{\gamma_{53,5}}^{\alpha 6076} = 46(14)$ и $\gamma_{171,7}$ кэВ - $R_{\gamma_{171,7}}^{\alpha 6076} = 63(7)$. Новый переход 53,5 кэВ размещаем с уровня 271,4 кэВ на уровень 218,1 кэВ.

Окно $E_{\alpha} = 6037$ кэВ ($E_{ур} = 310,1$ и $314,1$ кэВ). В этом окне наблюдаем совпадения с $\gamma_{297,1}$ кэВ - $R_{\gamma_{297,1}}^{\alpha 6037} = 49(10)$; $\gamma_{299,6}$ кэВ - $R_{\gamma_{299,6}}^{\alpha 6037} = 52(20)$; $\gamma_{310,1}$ кэВ - $R_{\gamma_{321,1}}^{\alpha 6037} = 69(20)$ и $\gamma_{314,1}$ кэВ - $R_{\gamma_{314,1}}^{\alpha 6037} = 30(13)$. Значения $R_{\gamma_{kl}}^{\alpha 1}$ в пределах ошибок совпадают между собой, т.е. не исключена возможность, что все эти переходы идут с одного уровня. Лиянг [1] наблюдает очень слабую α -линию 6037 кэВ, которую он связывает с распадом на уровень 310 кэВ. Оценки баланса интенсивностей α -распада и γ -переходов в этом окне не позволяют направить все эти четыре γ -перехода с одного уровня. Мы вводим два уровня 310,14(16) и 314,11(17) кэВ с переходами с них в основное состояние. Возможно, что переходы 297,1 и 299,6 кэВ также идут в основное состояние.

Окно $E_{\alpha} = 5973$ кэВ ($E_{ур} = 368,2$, $381,8$ кэВ). Обнаруженные совпадения с $\gamma_{68,1}$ - $R_{\gamma_{68,1}}^{\alpha 5973} = 110(22)$; $\gamma_{96,1}$; $\gamma_{150,0}$ - $R_{\gamma_{150,0}}^{\alpha 5973} = 50(10)$; $\gamma_{171,7}$ - $R_{\gamma_{171,7}}^{\alpha 5973} = 15(2)$; $\gamma_{263,4}$ - $R_{\gamma_{263,4}}^{\alpha 5973} = 26(16)$; $\gamma_{282,4}$ - $R_{\gamma_{282,4}}^{\alpha 5973} = 70(12)$; $\gamma_{368,2}$ - $R_{\gamma_{368,2}}^{\alpha 5973} = 47(11)$ и $\gamma_{381,8}$ - $R_{\gamma_{381,8}}^{\alpha 5973} = 67(5)$ позволяют сделать вывод, что с уровня 368,2 кэВ идут γ -переходы 96,1, 150,0 и 368,2 кэВ и с уровня 381,6 кэВ - $\gamma_{68,1}$, $\gamma_{282,4}$ и $\gamma_{381,8}$ кэВ. Отметим, что средние значения $R_{\gamma_{kl}}^{\alpha 1}$ для этих уровней заметно отличаются: 49(7) и 64(5) соответственно. Ослабленные (малые $R_{\gamma_{kl}}^{\alpha 1}$) совпадения с $\gamma_{171,7}$ кэВ возникают через каскад с 96,1 кэВ. Определенное заключение о размещении γ -перехода 263,4 кэВ пока сделать трудно. Возможно,

например, что этот переход происходит с уровня 368,2 кэВ на уровень 104,8 кэВ с заметным временем жизни.

Окно $E_{\alpha} = 5930$ кэВ ($E_{ур} = 409,9; 423,5$ кэВ). Наблюдаются

интенсивные совпадения с $\gamma_{323,99}$ кэВ - $R_{\gamma_{323,99}}^{\alpha 5930} = 70(4)$ и $\gamma_{409,9}$ кэВ - $R_{\gamma_{409,9}}^{\alpha 5930} = 86(22)$, которые следует направить с уровней 423,5 и 409,9 кэВ соответственно. Ослабленные совпадения с $\gamma_{99,5}$ кэВ происходят через каскад с γ - переходом 323,99 кэВ.

Окно $E_{\alpha} = 5817$ кэВ ($E_{ур} = 537,0$ кэВ). Наблюдаем совпадения с

γ - лучами 537,0 кэВ - $R_{\gamma_{537,0}}^{\alpha 5817} = 57(18)$, подтверждающие уровень 537,0 кэВ. Других переходов с этого уровня не видим.

Окно $E_{\alpha} = 5780$ кэВ ($E_{ур} = 568,9; 576,9$ кэВ). Совпадения с

$\gamma_{201,4} - R_{\gamma_{201,4}}^{\alpha 5780} = 64(40)$; $\gamma_{359,9} - R_{\gamma_{359,9}}^{\alpha 5780} = 87(5)$; $\gamma_{469,6} - R_{\gamma_{469,6}}^{\alpha 5780} = 42(9)$; $\gamma_{568,5} - R_{\gamma_{568,5}}^{\alpha 5780} = 38(16)$; $\gamma_{576,9} - R_{\gamma_{576,9}}^{\alpha 5780} = 102(16)$ подтверждают размещение γ - переходов 201,4; 469,6 и 568,5 кэВ с уровня 568,9 кэВ и γ - переходов 359,9 и 576,9 кэВ с уровня 576,9 кэВ.

Окно $E_{\alpha} = 5680$ кэВ ($E_{ур} = 655, 663,1$ кэВ). Обнаружены совпаде-

ния с $\gamma_{445,1} - R_{\gamma_{445,1}}^{\alpha 5680} = 74(24)$, подтверждающие уровень 663,1 кэВ. Совпадений с γ -лучами с уровня 655 кэВ не наблюдали.

Окна № 9, 10 и 11 (табл.1) попадают в область α - линий тонкой структуры, связанных с распадом ^{225}Ac на уровни 0; 36,6; 38,5; 99,6; 99,8; 100,8; 108,4 и 150,0 кэВ ^{221}Fr . Соответственно в этих окнах наблюдался ряд γ - лучей, возникающих при разрядке этих уровней. В табл.1 включены только сведения о совпадениях, которые мы относим к распаду $^{221}\text{Fr} \rightarrow ^{217}\text{At}$.

Исследования α - γ - совпадений позволили существенно дополнить схему распада ^{221}Fr (на рис.4). На рис.4 крестиками обозначены

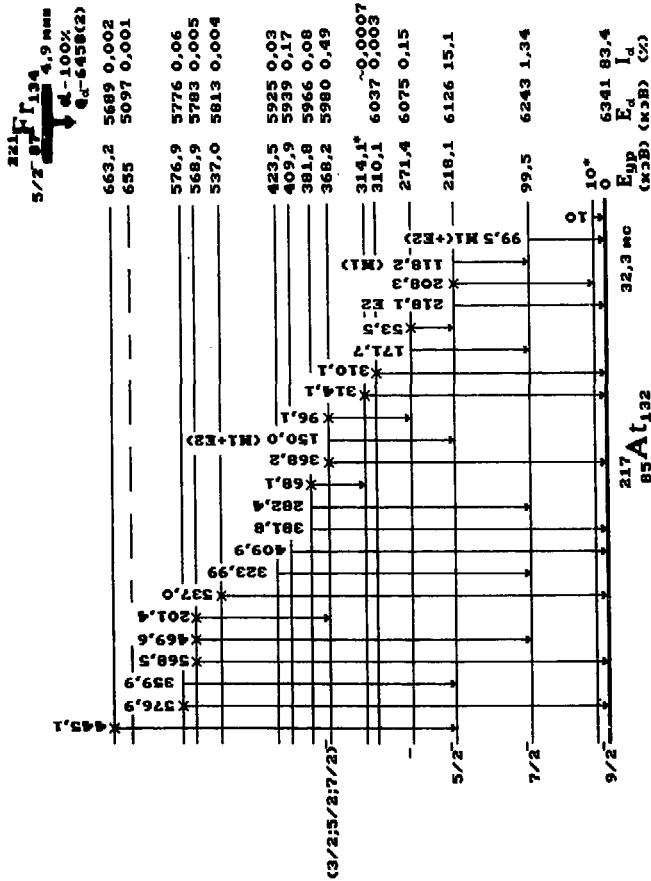


Рис.4. Схема распада $221\text{Fr} \rightarrow 217\text{At}$

введенные нами новые γ - переходы и звездочкой ("*") - введенные новые уровни.

3. Баланс интенсивностей при распаде ^{221}Fr

Для вычисления интенсивностей γ - переходов в процентах на распад за основу принята интенсивность α - распада на уровень 218,1 кэВ по работе С.-Ф. Диянга [1]: $a_{\alpha 6126} = 15,1(1) \%$ на распад. Расчет баланса интенсивностей на уровне 218,1 кэВ позволил определить интенсивность γ - лучей 218,1 кэВ - $a_{\gamma 218,1} = 11,6(4)\%$. При этом, согласно [1,3], считаем, что $\gamma 218,1$ типа E2, $\gamma 118,2$ типа M1 и $\gamma 150,0$ типа M1. Мультипольности других переходов с и на уровень 218,1 кэВ неизвестны; связанная с этим погрешность включена в ошибку $a_{\gamma 218,1}$. Возможным, неизвестным, заселением уровня 218,1 кэВ γ -переходами пренебрегаем; оно мало. Вычисленное по балансу интенсивностей отношение $R_{218,1} = a_{\alpha 6126} / \sum a_{\Pi 218} = 97(3)\%$ совпадает с принятым в таблице 1 $R_{\gamma 218,1}^{\alpha 6126} = 100(5)\%$.

В табл.2 рассчитаны заселенности уровней ^{217}At :

$$A_{\text{ур}} = a_{\alpha i} / \bar{R}_{\text{ур}i}$$

т.е. суммы полных интенсивностей переходов, уходящих с уровня. При этом $a_{\alpha i}$ - интенсивность α - распада на соответствующий уровень по работе [1]; $\bar{R}_{\text{ур}i}$ - средневзвешенные значения отношений $R_{\gamma ik}^{\alpha i}$ для уровня i из табл.1. Анализ этих данных вместе с данными о интенсивностях γ - лучей из табл.1 позволяет сделать следующие выводы:

а) для γ - переходов 53,5; 68,1; 96,1 и 171,7 исключаются мультипольности E1, т.е. они, вероятно, типа M1+E2;

б) уровень 368,2 кэВ должен иметь дополнительную разрядку γ - переходами с суммарной интенсивностью не менее $0,5(2) \cdot 10^{-2} \%$ на

распад. Такая возможность - переход 263,4 кэВ ($a_{\gamma 263,4} = 0,21(6) \cdot 10^{-2}\%$), на предполагаемый уровень 104,8 кэВ отмечена выше.

Таблица 2. Полные заселенности уровней ^{217}At при распаде ^{221}Fr

Энергия уровня, кэВ	a_{α} , %	* $R_{ур\ i}$, среднее	** $A_{E_{ур\ i}}$, %
99,52 (18)	1,34 (10)	71 (5)	1,9 (2)
218,13 (3)	15,1 (2)	≈ 100 (5)	15,1 (8)
271,43 (13)	0,15 (3)	60 (6)	0,25 (6)
310,14 (16)	0,003 (2)	70 (20)	0,005 (3)
314,11 (17)	$\sim 0,0007^{\text{H}}$	30 (10)	$\sim 0,0015$
368,16 (5)	49 (3)	49 (7)	1,0 (2)
381,82 (4)	0,08 (1)	64 (5)	0,13 (2)
409,93 (7)	0,17 (3)	86 (22)	0,19 (6)
423,5 (2)	0,03 (1)	70 (5)	0,043 (15)
537,0 (2)	0,004 (2)	57 (18)	0,007 (4)
568,9 (2)	0,005 (2)	42 (8)	0,012 (5)
576,9 (4)	0,06 (1)	102 (18)	0,06 (1)
663,2 (2)	0,002 (1)	74 (40)	0,003 (2)

Примечание: * - средние взвешенные значения отношений $R_{\text{ijk}}^{\alpha\text{i}}$ для переходов с уровня i

** - полная заселенность уровня α - распадом и γ - переходами с более высоких уровней.

H - интенсивность α - распада на уровень 314,1 кэВ определена по результатам α - γ - совпадений.

в) для баланса интенсивностей на уровень 368,2 кэВ необходимо дополнительное заселение его γ - переходами с интенсивностью $-0,5 \cdot 10^{-2}$ % на распад;

г) учетом этих замечаний баланс интенсивностей α - и γ - переходов в схеме распада ^{221}Fr выполняется.

Заключение

Исследования α - γ - совпадений при распаде ^{221}Fr позволили обнаружить и разместить в схеме распада 13 новых γ - переходов. Введены новые уровни с энергией 9,8(4) кэВ и 314,11(17) кэВ. Заселением и разрядкой γ -лучами подтверждаем существование еще 4-х уровней 310,14(16); 537,0(2); 568,9(2); 663,2(2) кэВ, введенных С.-Ф. Лиангом [1] на основе наблюдения слабых α - линий, заселяющих эти уровни. Предлагаются, но требуют подтверждения уровни с энергиями 104,8; 297,1 и 299,6 кэВ. Уточнены значения энергии γ - переходов и уровней ^{217}At . Для дальнейшего уточнения схемы распада ^{221}Fr и определения характеристик уровней необходимы новые данные о спектрах конверсионных электронов.

Авторы глубоко признательны В.Н.Горожанкину и В.А.Халкину за полезные обсуждения и интерес к работе.

Литература

1. C.-F.Leang, G.Bastin-Scoffier. - Compt.Rend., 266B, p.629, 1968.
2. Б.С.Джелепов, Р.В.Иванов, М.А.Михайлова и др. - Изв. АН СССР, сер.физ., т.31, с.568, 1967.
3. Б.С.Джелепов, А.В.Золотавин, Р.В.Иванов и др. - Изв. АН СССР, сер.физ., т.33, с.1607, 1969.
4. Б.С.Джелепов, Р.В.Иванов, М.А.Михайлова и др. - Изв. АН СССР, сер.физ., т.36, с.2080, 1972.
5. K.Valli - Ann. Acad.Sci.Fennicae, Ser. A, VI, №165, 1964
6. Ц.Вылов, В.М.Горожанкин, Ж.Желев и др. — В кн.: Спектры излучений радиоактивных нуклидов, Ташкент, изд-во "ФАН", 322 (1980)
7. Гаджоков В.— Обработка спектров от Ge-Li-детекторов на Э.В.М. (Программа КАТОК). ПТЭ, 1970, 5, стр.82-85.
8. К.Я.Громов, М.Я.Кузнецова, Ю.В.Норсеев, Н.И.Рухадзе, В.И.Фоминих, В.В.Цупко-Ситников, В.Г.Чумин, М.Б.Юлдашев, Ю.С.Бутабаев, Р.А.Ниязов. - Исследования α - γ -совпадений при распаде ^{225}Ac .
- а) Препринт ОИЯИ Р6-93-233, Дубна, 1993.
- б) Известия РАН, сер. физ., т.58, №1, с.35-42, 1994 г.

**Рукопись поступила в издательский отдел
11 мая 1994 года.**