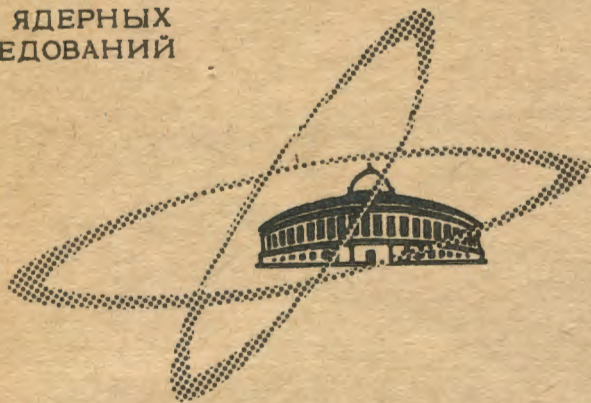


A-209

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6 - 3471



М.П. Авотина, Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин,
В.О. Сергеев, М.И. Совцов, Я. Врзал, Н.А. Лебедев,
Я. Липтак, Я. Урбанец

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА ИЗОТОПОВ
ПРОМЕТИЕВОЙ ФРАКЦИИ

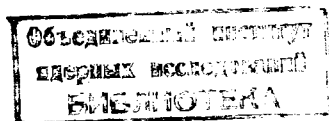
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ
ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

1967.

Р6 - 3471

М.П. Авотина, Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин,
В.О. Сергеев, М.И. Совцов, Я. Врзал, Н.А. Лебедев,
Я. Липтак, Я. Урбанец

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПАДА ИЗОТОПОВ
ПРОМЕТИЕВОЙ ФРАКЦИИ



С помощью β -спектрометра типа $\pi\sqrt{2}$ с разрешением $0,15\%$ ^{/1/} и γ -спектрометра с полупроводниковым детектором изучался распад изотопов прометия. Фракция изотопов прометия получалась в результате химического и хроматографического разделения продуктов облучения тантала протонами с энергией 660 Мэв на синхроциклотроне ОИЯИ.

Источники для магнитного спектрометра изготавливались методом электролитического осаждения. В качестве подложки использовалась золотая фольга толщиной 3 мкм и размерами 2х20 мм. Источники были достаточно тонкими и не наблюдалось искажений линий за счет толщины препарата в области энергий свыше 50 кэв. Использование метода протонного резонанса для измерения и стабилизации магнитного поля спектрометра позволило определить энергии электронов внутренней конверсии с погрешностью 0,05%.

Разрешающая способность γ -спектрометра составляла 4,5–6 кэв. Использовались Ge(Li)-детекторы с чувствительным объемом 5 см³ и 12 см³, полученные из Пражского института физики твердого тела. Регистрация γ -спектра производилась на 2048-канальном анализаторе.

¹⁴³Pm

При распаде ¹⁴³Pm возбуждается только один уровень дочернего ¹⁴³Nd с энергией 742,1 кэв^{/2/} (рис. 1). Мультипольность γ -перехода 742,1 кэв определялась в опытах с ориентированными ядрами^{/3/}, а также по коэффициенту внутренней конверсии^{/4/}. Обе группы авторов пришли к выводу, что мультипольность перехода 742,1 кэв – M1, возможно, с небольшой ($\leq 8\%$) примесью E2.

Уровень 742,1 кэВ возбуждался также в (d, p)-реакции. В работе Уолла^{5/} уровню приписаны характеристики 9/2⁻ (l_n = 4), а в работе Фолмера^{8/} - 3/2⁻ (l_n = 1). Отметим, что характеристики 3/2⁻ противоречат приписанию переходу 742,1 кэВ мультипольности M1, так как спин основного состояния ¹⁴³Nd измерен и равен 7/2^{2/}.

Из данного краткого обзора видно, что выводы о квантовых характеристиках уровня 742,1 кэВ, полученные из данных по реакции (d, p), и значения КВК γ-перехода 742,1 кэВ были противоречивы и мультипольность перехода нуждалась в проверке.

В нашем препарате кроме Рm содержались другие изотопы прометия, в частности, ¹⁴⁴Pm. Известно^{2/}, что при распаде ¹⁴⁴Pm возникают E2-переходы в ¹⁴⁴Nd с энергиями 618,2 кэВ (4⁺ → 2⁺) и 696,7 кэВ (2⁺ → 0⁺). Сравнивая интенсивности конверсионных электронов и γ-лучей 742,1; 618,2; и 696,7 кэВ, можно определить коэффициент внутренней конверсии перехода 742,1 кэВ (табл.1). Полученное значение α_k (742,1) = (3,5 ± 0,4) · 10⁻³ оказалось близким к теоретическому значению для E2 перехода (α_k = 3,8 · 10⁻³) и заметно отличается от теоретического коэффициента для мультипольности M1 (5,9 · 10⁻³), которую ранее приписывали этому переходу^{3,4/}.

Из того, что мультипольность перехода 742,1 кэВ - E2, следует, что наиболее вероятные характеристики уровня 742,1 кэВ 3/2⁻. Это согласуется с данными Фолмера^{8/}, полученными при изучении реакции (d, p). Отметим, что такие же характеристики (3/2⁻) имеет первое возбужденное состояние с энергией 894,1 кэВ в ¹⁴⁵Sm, у которого такое же число нейтронов (N = 83), как и у ¹⁴³Nd. Если сопоставить энергии первого возбужденного состояния в нечетных ядрах с N = 83, то оказывается, что она повышается с увеличением Z: 660 кэВ (Z = 58); 742,1 кэВ (Z = 60); 894,1 кэВ (Z = 62). Можно предположить, что в ядре ¹⁴⁷Gd₈₃ первый возбужденный уровень лежит на высоте ~1000 кэВ и имеет характеристики 3/2⁻. Увеличение энергии первого возбужденного состояния при приближении к Z = 64, по-видимому, объясняется тем, что при Z = 64 заканчивается заполнение протонных оболочек

g 7/2 и d 5/2 и число Z = 64 можно рассматривать как "полумagicское". Данные об α-распаде изотопов самария (Z = 62), гадолиния (Z = 64), диспрозия (Z = 66) и эрбия (Z = 68) подтверждают эту гипотезу. Действительно, при переходе от Z = 64 к Z = 66 энергия α-распада резко уве-

Таблица 1
Определение мультипольности γ-перехода 742,1 кэВ ¹⁴³Pm

E _γ , кэВ	Изотоп	I _γ	I _k	I _γ	α _k · 10 ³ = I _k /I _γ			α _k · 10 ³ (теор.значен.)			Выход о мультипольности
					E1	E2	M1	E1	E2	M2	
742,1	¹⁴³ Pm	1050 ± 50	3700 ± 200	1050 ± 50	1,42	3,8	5,9	15,5	E2 + 54 M1		
618,2	¹⁴⁴ Pm	100	595	100	0,95	5,9	9,4	27	/E2/		
696,7	¹⁴⁴ Pm	105 ± 5	445 ± 20	105 ± 5	0,65	4,3	7,0	19	/E2/		

ПРИМЕЧАНИЕ: Интенсивности γ-лучей и конверсионных электронов приведены к одному и тому же времени (случае 3 месяца после разделения) и нормированы так, чтобы отношения I_k/I_γ для E2-переходов 618,2 кэВ и 696,7 кэВ были бы наиболее близки к теоретическому значению α_k · 10³.

личивается (табл. 2), что свидетельствует об относительно большой величине энергии связи ядер с $Z = 64$.

Наиболее вероятная конфигурация уровней 742,1 кэВ в ^{143}Nd и 894,1 кэВ в ^{145}Sm - P 3/2. Это следует из схемы Майер, которая предсказывает конфигурации f 7/2, P 3/2 и P 1/2 для основных и низколежащих состояний ядер, имеющих небольшое число нуклонов сверх заполненной оболочки $N = 82$ (в данном случае один нейтрон).

Т а б л и ц а 2

Разности энергий α -распада ядер с числом нейтронов $N = 84$ и $N = 86$

$\Delta E_{\alpha} (\begin{smallmatrix} 148 \\ 64 \end{smallmatrix} \text{Gd}_{84} - \begin{smallmatrix} 148 \\ 62 \end{smallmatrix} \text{Sm}_{84})$	= 660 кэВ
$\Delta E_{\alpha} (\begin{smallmatrix} 150 \\ 64 \end{smallmatrix} \text{Gd}_{86} - \begin{smallmatrix} 148 \\ 62 \end{smallmatrix} \text{Sm}_{86})$	= 560 кэВ
$\Delta E_{\alpha} (\begin{smallmatrix} 150 \\ 66 \end{smallmatrix} \text{Dy}_{84} - \begin{smallmatrix} 148 \\ 64 \end{smallmatrix} \text{Gd}_{84})$	= 1000 кэВ
$\Delta E_{\beta} (\begin{smallmatrix} 152 \\ 66 \end{smallmatrix} \text{Dy}_{86} - \begin{smallmatrix} 150 \\ 64 \end{smallmatrix} \text{Gd}_{86})$	= 940 кэВ
$\Delta E_{\alpha} (\begin{smallmatrix} 152 \\ 68 \end{smallmatrix} \text{Er}_{84} - \begin{smallmatrix} 150 \\ 66 \end{smallmatrix} \text{Dy}_{84})$	= 580 кэВ

^{144}Pm

Согласно имеющимся данным^{/2/}, при распаде ^{144}Pm (450 дн) возбуждаются три уровня дочернего ^{144}Nd : 696,4 кэВ (2^+); 1313,1 кэВ (4^+); 1780 кэВ (6^+) (рис. 2). γ -переходы с энергиями 696,7 \pm 0,3 кэВ, 618,2 \pm 0,3 и 475,3 кэВ, идущие между этими уровнями, наблюдались нами как в спектре

γ -лучей, так и в спектре электронов внутренней конверсии. Так как хорошо известно, что мультипольность переходов 696,4 кэВ и 618,2 кэВ - E2, то их коэффициенты конверсии использовались для определения α_k и мультипольности γ -перехода 742,1 кэВ в распаде ^{143}Pm (см. выше).

Данные об интенсивностях γ -лучей ^{144}Pm представлены в таблице 3.

Интенсивность γ -перехода 475,3 кэВ составляет (45 \pm 3)% от интенсивности γ -переходов 696,7 и 618,2 кэВ, что согласуется с данными Офера^{/7/}.

В спектре γ -лучей прометиевой фракции обнаружены ранее неизвестные γ -переходы с энергиями 776, 813, 845, 1120 и 1278 кэВ (табл. 4).

Т а б л и ц а 3

Энергии и интенсивности γ -переходов в распаде ^{144}Pm

E_{γ} , кэВ	I_{γ}	I_{γ} (данные работы ^{/12/})
475,3 \pm 0,3	45 \pm 3	45 \pm 5
618,2 \pm 0,3	100	100
696,7 \pm 0,3	100 \pm 5	100

Т а б л и ц а 4

Неидентифицированные γ -переходы

E_{γ} , кэВ	I_{γ}^*	T_2 , дн.	Данные об энергиях работы ^{/8/} $^{143}\text{Nd}(\alpha, \gamma) ^{144}\text{Nd}$
776 \pm 1	10 \pm 1	≥ 100 дн	777,5 \pm 0,3
813 \pm 1	0,6 \pm 0,2	450 дн	813,3 \pm 0,3
845 \pm 2	0,2 \pm 0,05	450 дн	-
1120 \pm 3	0,8 \pm 0,2	450 дн	-
1278 \pm 3	0,4 \pm 0,1	-	1281 \pm 4

Среди изотопов прометия известны только два изотопа с таким периодом полураспада - ^{144}Pm ($T_{1/2} = 450$ дн) и ^{146}Pm ($T_{1/2} = 1500$ д). ^{146}Pm в нашем препарате было сравнительно мало и даже наиболее сильные γ -переходы, относящиеся к его распаду, были мало заметны в спектре. ^{146}Pm подробно

^{x/} В выбранной шкале интенсивностей неидентифицированных γ -переходов интенсивность γ -лучей 618,2 кэВ ^{144}Pm составляет 100 единиц. Измерения, проведенные через 3 месяца и через 6 месяцев после разделения, показали, что переходы 776, 813, 845 и 1120 кэВ относятся к распаду долгоживущего изотопа с периодом полураспада $T_{1/2} \geq 450$ дн.

изучался Бассом и др. /8/ с помощью полупроводникового детектора. Басс и др. не обнаружили в спектре γ -лучей таких переходов, хотя они использовали значительно более сильные препараты ^{148}Pm . Можно предположить, что эти γ -переходы относятся к распаду $^{144}\text{Pm} \rightarrow ^{144}\text{Nd}$. Следует отметить, что в спектре γ -лучей, возникающих в реакции $^{143}\text{Nd}(n, \gamma) ^{144}\text{Nd}$ /9/, обнаружено несколько γ -переходов с энергиями, близкими к энергиям обнаруженных переходов (табл. 4). Однако приписание переходов 778, 813, 845, 1120 и 1278 кэВ распаду ^{144}Pm нуждается в дополнительной проверке.

^{148}Pm

Известны два изомерных состояния ^{148}Pm : основной уровень $I = 1^-$, $T_{1/2} = 5,4$ дн и возбужденное состояние $E = 137,1$ кэВ, $T_{1/2} = 45$ дн. Возбужденное состояние в 6% случаев разряжается изомерным γ -переходом 61,30 кэВ и γ -переходом 75,8 кэВ между уровнями ^{148}Pm (рис. 3). Швердтгер и др. /10/ приписали переходу 61,30 кэВ мультипольность $E3$, а переходу 75,8 кэВ — $M1$ или $E1$. Баба и др. /11/, используя сцинтилляционный и магнитный спектрометры, определили a_{λ} для перехода 75,8 кэВ и приписали ему мультипольность $M1$. Исходя из отношения $K/L \leq 0,1$ для перехода 61,30 кэВ и из времени жизни изомера, Баба и др. считают, что мультипольность перехода 61,30 кэВ $E4$.

Достаточно высокое разрешение нашего спектрометра позволило разделить L -линии переходов 75,8 кэВ и 61,30 кэВ. Из отношения $L_I / L_{II} \geq 10$ для перехода 75,8 кэВ следует, что это переход типа $M1$ с возможной примесью $E2$ не более 5% ($\delta^2 \leq 0,05$). Точным измерениям интенсивностей L -линий перехода 61,30 кэВ помешало присутствие в препарате небольшого количества ($\approx 0,1\%$) ^{145}Sm , при распаде которого возникает переход 61,25 кэВ ($M1 + 0,4\% E2$) /12/

Однако благодаря различию периодов полураспада ^{148}Pm (45 дн.) и ^{145}Sm (340 дн.) нам удалось определить, какая часть от суммарной L -линии относится к переходу 61,30 кэВ в ^{148}Pm . Полученное отношение $L_I : L_{II} : L_{III} = (<0,05)$ согласуется с приписанием переходу 61,30 кэВ мультипольности $E3$ или $E4$.

Мультипольность $E3$ можно исключить, так как в этом случае переход 61,30 кэВ оказывается заторможенным в 10^8 раз, что маловероятно.

Спин основного состояния $I = 1$ $^{148}_{81}\text{Pm}$, определен на опыте /13/. По-видимому, четность уровня отрицательна, так как наиболее вероятная конфигурация уровня $p(d5/2) \pi(f7/2)$. Первое возбужденное состояние ^{148}Pm имеет энергию 75,8 кэВ и характеристики 2^- , так как переход 75,8 кэВ типа $M1$. Между этим уровнем и изомерным состоянием ^{148}Pm (45,4 дн.) происходит переход 61,30 кэВ ($E4$). Отсюда следует, что характеристики $^{148}\text{Pm} - 6^-$. Эти же характеристики приписаны изомерному состоянию ^{148}Pm в работе Баба и др. /11/; наши данные о мультипольности γ -переходов, определенных на основании интенсивности L -линий, подтвердили выводы Баба и др.

Спектр γ -лучей ^{148}Pm (45 дн.) ранее изучался только с помощью сцинтилляционных спектрометров. Использование полупроводникового детектора позволило уточнить интенсивности и энергии γ -переходов. Полученные данные приведены в табл. 5. Спектр γ -лучей ^{148}Pm показан на рис. 4. Измерения начинались спустя 2 месяца после облучения, так что ^{148}Pm (5,4 дн.) в препарате фактически отсутствовал. Как видно из таблицы, данные об энергиях и интенсивностях γ -лучей, как правило, согласуются с результатами работы Баба и др. /11/, однако, благодаря более высокому разрешению удалось разделить γ -линии, относящиеся к переходам с близкой энергией.

Наиболее интенсивные линии конверсионных электронов в распаде ^{148}Pm (45 дн.) были измерены на магнитном спектрометре. Полученные данные об энергиях γ -переходов и интенсивностях конверсионных электронов приведены в таблице 5. Отметим, что сумма энергий $(98,5 \pm 0,1) + (189,7 \pm 0,2) = 288,1 \pm 0,3$ кэВ фактически совпадает с энергией γ -перехода $288,2 \pm 0,2$ кэВ, что согласуется с размещением этих переходов в схеме распада ^{148}Pm (рис. 3).

Отношения K/L для переходов 98,5 кэВ и 288,2 кэВ равны 7-8, что соответствует мультипольности $M1$ или $E1$. Однако мультипольность $E1$ можно исключить, так как значения КВК для обоих переходов близки к теоретическим для $M1$ мультипольности (табл. 6). Интенсивности γ -лучей и конверсионных электронов в этой таблице нормированы так, чтобы КВК для $E2$ -перехода ($4^+ \rightarrow 2^+$) 630,0 кэВ был равен теоретическому значению. Интенсивности конверсионных электронов более слабых переходов, которые не измерялись нами, взяты из работы Баба и др. /11/. Выводы о мультипольности, сделанные на основании значений КВК (последняя графа таблицы 6), согласуются со схемой уровней ^{148}Sm , предложенной Баба и др. /11/.

Таблица 5
Энергии и относительные интенсивности γ -переходов в распаде ^{140}Pm

кэВ E_γ	Линия	I_α		I_γ	
		наши дан- ные	Баба и др./11/	Наши дан- ные	Баба и др./11/
61,30 ± 0,05	L I	≤ I5	880 ± 110	-	-
	L II	300 ± 20			
	L III	300 ± 20			
	K	-	790 ± 100	-	1,7 ± 0,5
75,8 ± 0,1	L I	100 ± 10	90 ± 18		
	L II + L III	< 10			
98,5 ± 0,1	K	1100 ± 100	1100 ± 90	-	3,4 ± 0,8
	L	150 ± 30	130 ± 30		
189,7 ± 0,2	K	30 ± 10	45 ± 5	~I	1,5
288,1 ± 0,2	K	120 ± 20	150 ± 20	10 ± 2	
	L	15 ± 3	20 ± 5		16 ± 3
312	K		6,6 ± 1,5	< 5	
414 ± 1	K		21 ± 2	16 ± 2	24 ± 4
	K		18 ± 3	9 ± 3	
433 ± 1	K		4,2 ± 1,0	6 ± 3	105 ± 5
502 ± 2	K				
550,3 ± 0,3	K	140 ± 10	150 ± 10	100 ± 20	
602 ± 2	K		5 ± 2	8 ± 2	100
611 ± 3	K		3 ± 1	5 ± 2	
630,3 ± 0,3	K	100	100	87	
726 ± 2	K		28,0 ± 2,5	31 ± 5	38 ± 7
916 ± 2	K		10 ± 1	19 ± 2	22 ± 4
1015 ± 2	K		7,8 ± 0,9	18 ± 2	21 ± 4
1465 ± 3	K			4,0 ± 0,5	2,5 ± 1,0

Таблица 6
Мультипольности γ -переходов в распаде ^{140}Pm (45 дн.)

E_γ , кэВ	$C \frac{I_k}{I_\gamma} = a_k \cdot 10^3$ $C_\gamma = 5,2$	$a_k \cdot 10^3$ - теоретич. знач.				Выводы о мультипольности
		E1	E2	M1	M2	
61,30						E4; см. текст
75,8	2300 ± 800	480	2300	3100	4 · 10 ⁴	M1 + < 10% E2 (по L ₁ /L ₂)
98,5	1650 ± 400	250	1200	1500	12500	M1 + < 10% E2 (по K/L)
189,7	150	38	180	240	1300	
288,1	65 ± 20	14	50	76	420	M1 + < 10% E2 (по K/L)
312	> 7	12	39	61	370	-
414	7 ± 2	5,8	18	36	100	E1 + < 2% M2
433	10 ± 5	5,2	15	27	86	(E2)
502	3,5 ± 1,8	3,7	10	18	56	E1 + < 4% M2 (E2)
550,3	7,5 ± 1,5	2,9	8,25	14	42	E1 + < 5% M2
602	3 ± 1	2,5	6,7	12	33	
611	3,0 ± 1,5	2,4	6,4	11	32	E1 + < 6% M2
630,3	/6,0/	2,3	6,0	10	29	/E2/
726	4,3 ± 1,0	1,6	4,3	7,2	19	E2 + < 40% M1
916	2,7 ± 0,4	1,0	2,5	4,2	10,5	E2 + < 10% M1
1015	2,2 ± 0,4	0,87	2,1	3,3	8,0	E2 + < 15% M1
1465						

Таблица 7

Относительные выходы изотопов протетия в реакции глубокого отщепления

Изотоп	Энергия γ -перехода, кэВ	Число γ -переходов на 100 распадов	Период полураспада	Относительные выходы изотопов протетия
^{144}Pm	475	45	450 дн.	$9,5 \pm 1,5$
	618,2	100 /1/		
	696,7	100		
^{146}Pm	453,2	35 /8/	1500 дн.	1,0
^{148}Pm	630,0	87 /11/	45,4 дн.	$0,5 \pm 0,1$ [1, 3]
^{143}Pm	742,1	100 /2/	265 дн.	130 ± 10^x
^{145}Pm	73	12 /2/	17,7 л.	15 ± 3^x

x/ Коммулятивные выходы

Таблица 8

Сравнение выходов изотопов протетия и европия с вычислениями по формуле Рудстама

Изотоп	$P^x = 0,139; Q = 18,04; R = 1,0$			$P = 0,139; Q = 18,04; R = 1,2$		Эксперимент
	$S = 0,418$	$S = 0,426$	$S = 0,430$	$S = 0,418$	$S = 0,426$	
^{144}Pm xx	100	100	100	100	100	100
^{146}Pm	53	33	12,5	40	22	$10,5 \pm 1,5$
^{148}Pm	8,3	3,5	1,0	5	11	$5,5 \pm 1,0$ /13/xxx
^{146}Eu xx	100	100	100	100	100	100
^{148}Eu	1500	250	110	2200	400	30 ± 5

x/ P, Q, R и S -параметры в формуле $\sigma(A, Z) = \exp/pA - Q - R(Z - SA)^2/$ xx/ Выходы ^{144}Pm и ^{146}Eu приняты за 100 единиц.xxx/ Полный выход ^{148}Pm с учетом выхода изомера ^{148}Pm (5,4 дн.). См. текст.

Выходы изотопов прометия в реакции глубокого отщепления

В препарате прометиевой фракции присутствовали изотопы ^{143}Pm , ^{144}Pm , ^{145}Pm , ^{146}Pm и ^{148}Pm , излучения которых наблюдались как в спектре γ -лучей, так и в спектре конверсионных электронов. Используя имеющиеся сведения о схемах распада этих изотопов и наши данные об относительных интенсивностях γ -лучей (или электронов конверсии), мы определили отношения выходов вышеуказанных изотопов прометия в реакции глубокого отщепления при бомбардировке танталовой мишени протонами с энергией 660 Мэв. Следует отметить, что ядра ^{144}Pm , ^{146}Pm и ^{148}Pm являются "экранированными", т.е. они не получаются при β -распаде других изотопов. В этом случае определяют независимые выходы изотопов ^{144}Pm , ^{146}Pm и ^{148}Pm . Для ^{143}Pm и ^{145}Pm можно определить лишь коммулятивные выходы, так как они являются продуктами распада других ядер. Можно предположить, что отношения независимых выходов ^{144}Pm , ^{146}Pm и ^{148}Pm будут хорошо описываться формулами Рудстама ^{/14/} (в работе Рудстама реакция глубокого отщепления рассматривается со статистической точки зрения).

Данные об относительных выходах изотопов прометия приведены в таблице 7. В этой же таблице указано, какие γ -переходы использовались для определения выходов, приведены числа γ -переходов на 100 распадов и принятые значения периодов полураспада.

Интересно отметить, что в реакции глубокого отщепления ^{143}Pm получается с гораздо большей вероятностью, чем остальные изотопы прометия. Это можно объяснить тем, что ядро $^{143}_{61}\text{Pm}_{82}$ имеет заполненную нейтронную оболочку. Известно, например, что изотопы $^{146}\text{Gd}_{82}$ и $^{145}\text{Eu}_{82}$ имеют наибольший выход по сравнению с другими изотопами гадолиния и европия ^{/15/}.

В таблице приведено значение выхода только для одного изомера ^{146}Pm (45 дн, $I = 6$). В расчетах не учтен изомер ^{146}Pm (5,4 дн, $I = 1$), так как измерения начались спустя 2 месяца после облучения. Как правило, выход изомера с меньшим спином в реакции глубокого отщепления примерно на 50% больше выхода изомера с большим спином, поэтому общий выход обоих изомеров примерно в 2,5 раза больше, чем выход изомера ^{146}Pm (45 дн, $I = 6$).

Обращает на себя внимание тот факт, что выходы ^{146}Pm и ^{148}Pm получились примерно равными, а выход ^{144}Pm примерно на порядок больше, чем ^{146}Pm или ^{148}Pm .

Это противоречит формуле Рудстама, согласно которой выход ^{146}Pm должен на порядок превышать выход ^{148}Pm при значениях параметров

$$S = 0,418 - 0,430; \quad R = 1,0 - 1,2; \quad P = 0,138; \quad Q = 18,04$$

(см. табл. 8).

Эти значения параметров признаны оптимальными в работе Барановского ^{/16/} для данной области А.

Наиболее существенные параметры S и R варьировались вблизи оптимальных значений. Отношение выходов ^{144}Pm и ^{146}Pm получилось близким к рассчитанному по формуле Рудстама.

Таким образом, либо: 1) по каким-то причинам для ^{146}Pm и ^{148}Pm формула Рудстама не выполняется, либо 2) формула Рудстама выполняется, но при расчетах выхода ^{146}Pm не учтено некоторое изомерное состояние этого ядра. Указания на существование ^{146m}Pm (16 дн) имеются в работе Лонга и др. ^{/4/}. Используя источник европейской фракции, мы определили индивидуальные выходы изотопов ^{146}Eu и ^{148}Eu (по γ -переходам 747,4 кэв и 884,3 кэв, соответственно). Отношение выходов этих изотопов равно трем и так же как и отношение выходов ^{146}Pm и ^{148}Pm не согласуется с формулой Рудстама для параметров, указанных в таблице 8.

Авторы выражают благодарность К.Я. Громову и Ж.Т. Желеву за предоставление препаратов прометия.

Л и т е р а т у р а

1. Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин, Ю.С. Егоров, В.О. Сергеев, М.И. Совцов. Изв. АН СССР, сер. физ. **30**, 721 (1965).
2. Б.С. Джелелов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер с $A \geq 100$ (1963).
3. C.A.Lovejoy, J.O.Rassmussen, D.A.Shirley. Phys.Rev. **123**, 954 (1961).
4. J.K.Long, M.L.Pool, D.N.Kandu. Phys.Rev. **88**, 171A (1952).
5. N.S.Wall. Phys.Rev. **96**, 664 (1952).
6. J.Fulmer. Phys.Rev. **128**, 1302 (1962).
7. S.Ofer. Phys.Rev. **113**, 895 (1959).
8. D.J.Buss, E.G.Funk, J.W.Mihelich. Phys.Rev. **141**, 741 (1965).

9. p.J.Campion, J.W.Knowles, G.A.Bartholomew. AECL-41 (1959).
10. C.F.Schwerdtfeger, E.G.Funk, J.W.Mihelich. Phys.Rev. 125, 1641 (1962).
11. C.V.K.Baba, G.T.Ewan, J.F.Suarez, Nucl.Phys. 43, 264 (1963).
12. М.П. Авотина, Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин, Ж.Т. Желев, В.О. Сергеев. Препринт ОИЯИ 2272 (1965).
13. D.Ali. Nucl.Phys. 71, 441 (1965).
14. G.Rudstam, Phil. Mag. 44, 1131 (1958).
15. М.П. Авотина. Диссертация, ЛГУ (1967).
16. В.И. Барановский, А.Н. Мурин, Б.К. Преображенский. Материалы III совещания по нейтрондефицитным изотопам, Дубна, стр. 87 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
3 августа 1967 г.

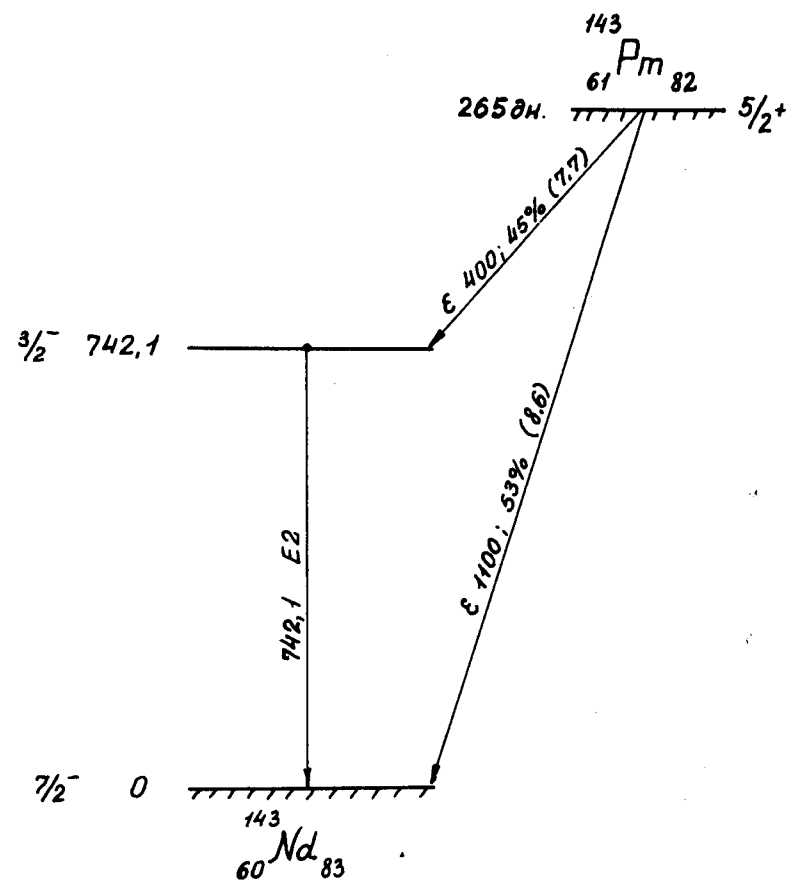


Рис. 1. Схема распада ^{143}Pm .

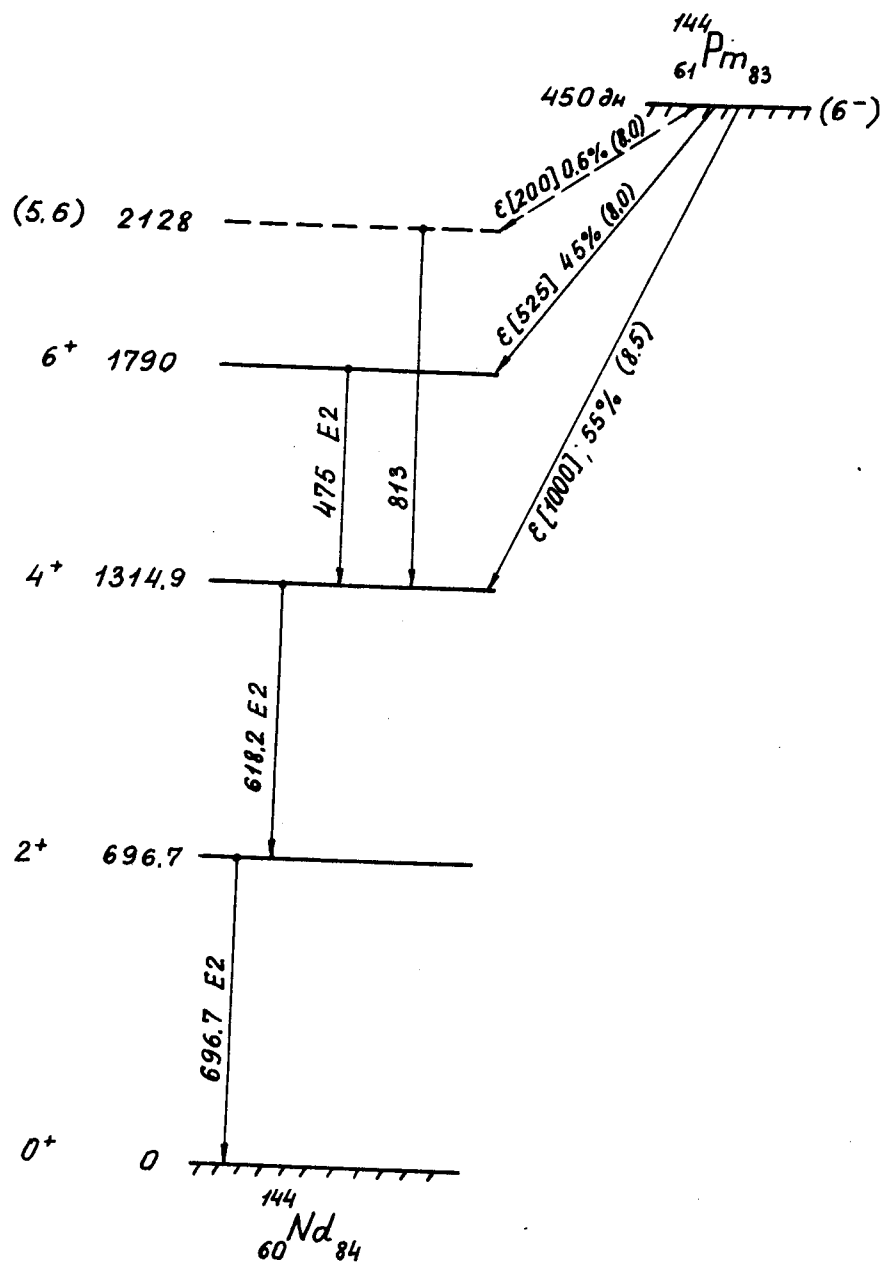


Рис. 2. Схема распада ^{144}Pm .

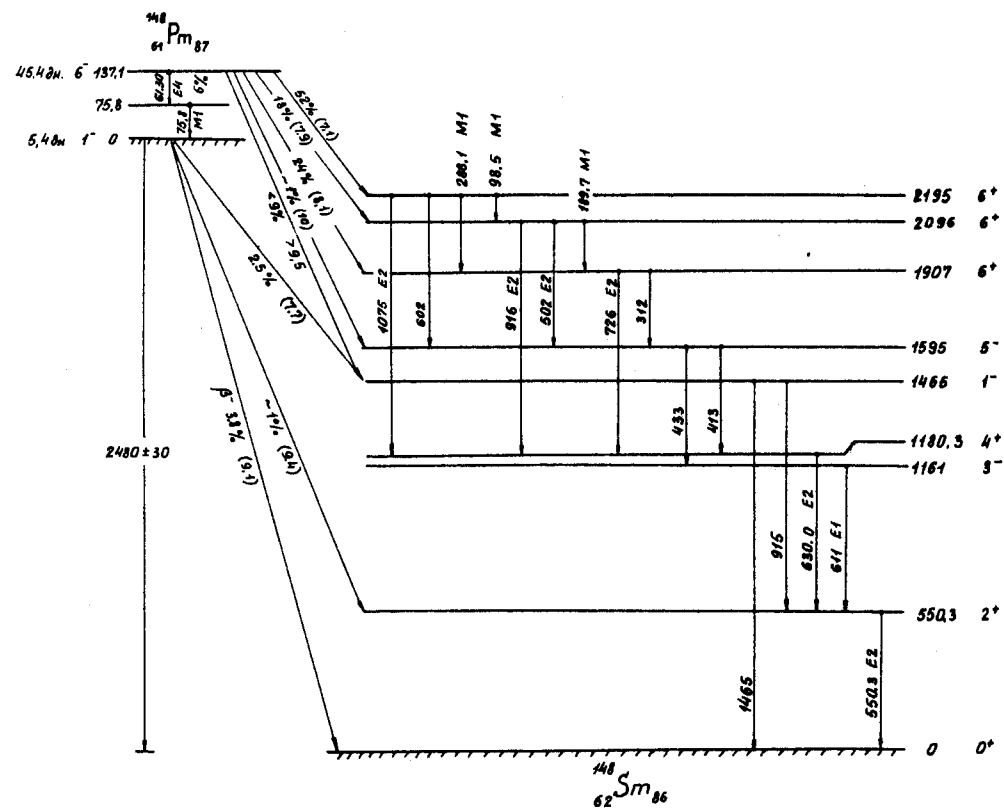


Рис. 3. Схема распада ^{148}Pm .

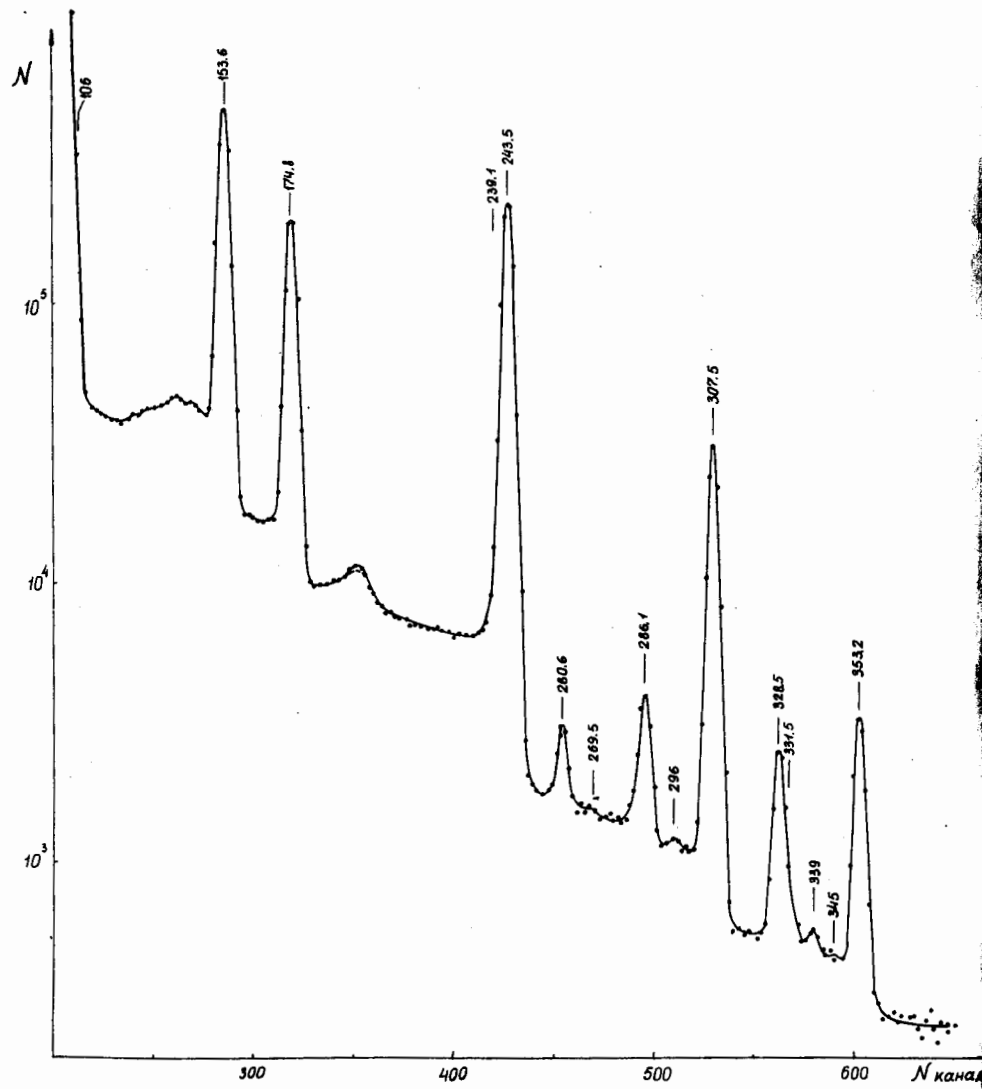


Рис. 4а. Спектр γ -лучей изотопов прометиевой фракции.

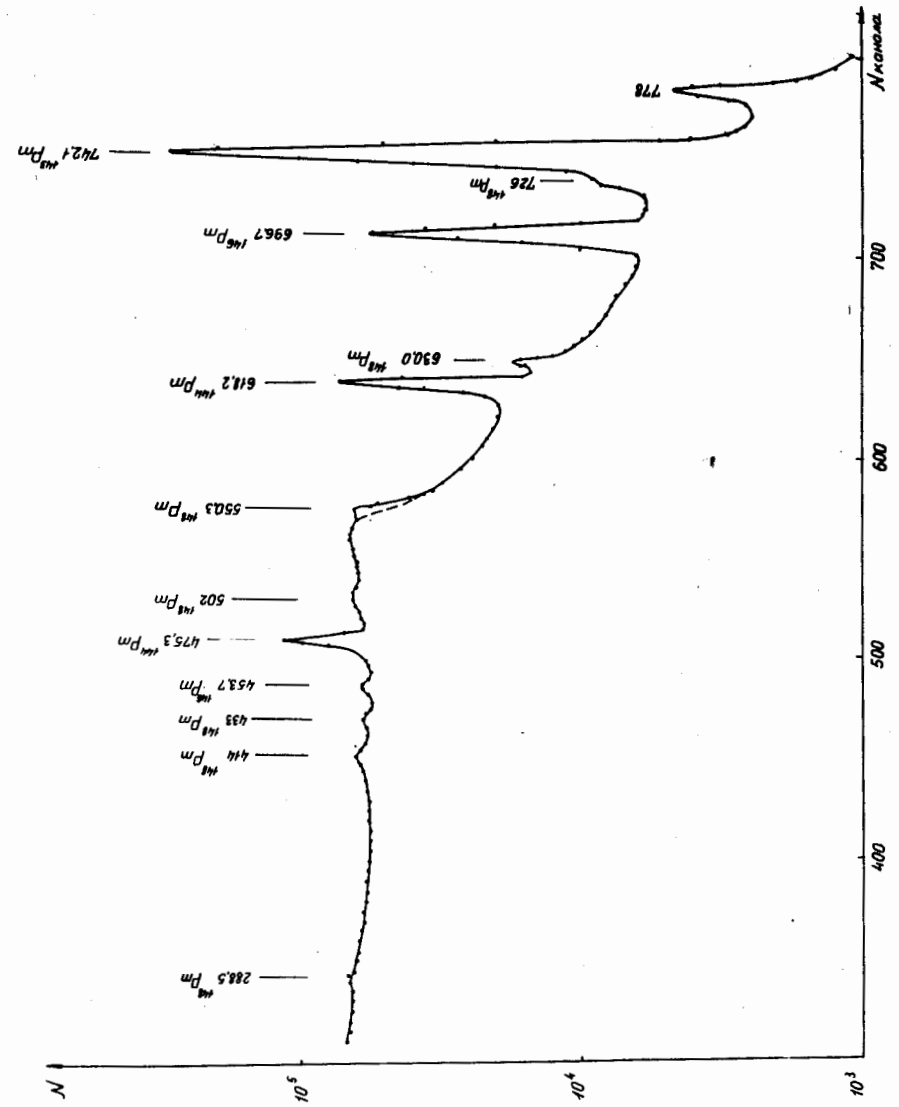


Рис. 4б. Спектр γ -лучей изотопов прометиевой фракции.

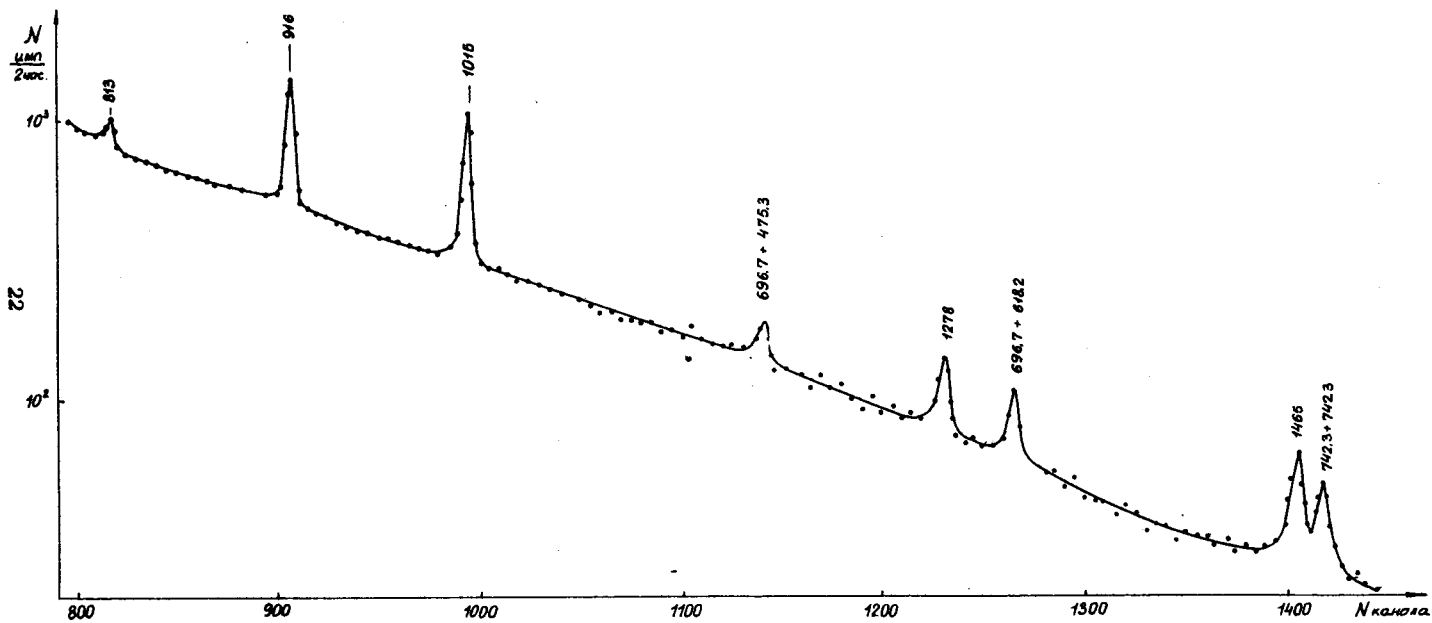


Рис. 4в. Спектр γ -лучей изотопов прометиевой фракция.