

A-828

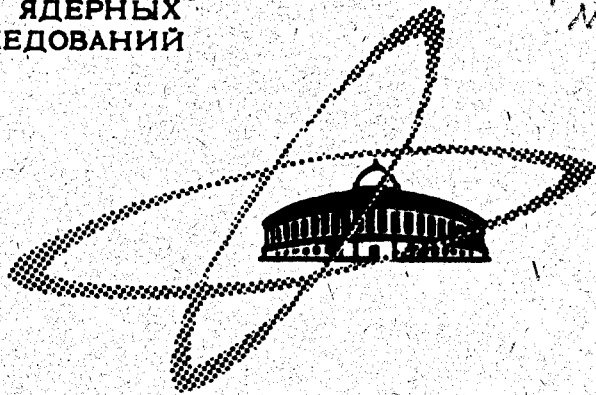
19/II-69

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Изв. АН СССР, сер. физ. 1969, т. 33,
№ 10, с. 1594-1606

Дубна

P6 - 4239



Р. Арльт, Н. Г. Зайцева, Б. Крацик, М. Г. Лошилов,
Г. Музиоль, Чан Тхань Минь

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

О СХЕМЕ РАСПАДА ^{86}Y

1968

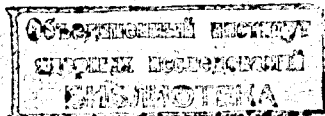
Р6 - 4239

4906/2 пр.

Р.Арлт, Н.Г.Зайцева, Б.Крацик, М.Г.Лоцилов,
Г.Музиоль, Чан Тхань Минь

О СХЕМЕ РАСПАДА ⁸⁶У

Направлено в Известия АН СССР



1. В в е д е н и е

Первые предположения относительно схемы распада ^{86}Y были сделаны в работах /1,2,3/. Однако авторы не смогли разместить в предлагаемую схему распада около половины наблюдавшихся ими гамма-переходов. Кроме того высокоэнергетические уровни были недостаточно изучены. Цель настоящей работы - уточнить энергии и интенсивности известных переходов, найти и изучить ранее не обнаруженные гамма-переходы, особенно в жесткой области, и на основании полученных результатов предложить более полную схему возбужденных уровней ^{86}Sr .

Применение спектрометра с Ge(Li) -детекторами с высоким энергетическим разрешением и получение препаратов с достаточной активностью ^{86}Y позволяют выполнить эти задачи.

2. Экспериментальная методика

2.1. Приготовление препаратов

Препараты радиоактивного иттрия, содержащие изотоп ^{86}Y , получались двумя путями. В одних опытах радиоактивный иттрий получался при облучении мишеней SrCl_2 и металлического Nb внутренним пучком протонов с энергией 120 и 660 Мэв, соответственно, в течение ~ 40 мин на синхроциклотроне ОИЯИ. Радиохимически чистый иттрий выделялся из SrCl_2 методом экстракции НДЕНР (ди-2 - этилгексилортофосфорная кислота) /4,5/ с последующей дополнительной очисткой. Из облученного

№ радиохимически чистый иттрий выделялся методом, описанным в работе /6/. Измерения начинались через 2-10 часов после конца облучения и в этом случае, кроме ^{86}Y , в препаратах содержались еще изотопы ^{85}Y , ^{87}Y , ^{88}Y . В других опытах препараты радиоактивного иттрия, обогащенные изотопом ^{86}Y , получались выделением иттрия, накопившегося при распаде циркония, выделенного из мишени Y_2O_3 , облученной внутренним пучком протонов с энергией 120 Мэв /7/. Время накопления иттрия составляло ~12 часов. Иттрий отделялся от циркония реаксацией его 2M NO_3 из раствора циркония в 0,5 М ТТА (теноилтрифторацетон) в ксилоле с последующей дополнительной очисткой.

Препарат иттрия, полученный таким образом, содержал в основном ^{86}Y и небольшие примеси ^{87}Y и ^{88}Y , которые не мешали интерпретации результатов, т.к. эти изотопы имеют простые, хорошо изученные схемы распада. Измерения начинались через ~30 мин после окончания последней очистки.

Для измерения гамма-спектров были использованы два Ge(Li) -детектора с чувствительным объемом 6,3 и 10 см³ и с энергетическим разрешением 4 и 5 кэв, соответственно, для гамма-переходов ^{60}Co . Амплитудный анализ осуществлялся 4096-канальным анализатором, обработка спектров производилась на ЭВМ "Минск-2" с помощью метода "светового карандаша" /8/. Калибровка по энергиям и интенсивностям производилась с помощью стандартных источников ^{177}Yb и ^{226}Ra и известных переходов самого ^{86}Y . Спад интенсивностей линий был прослежен до полного распада ^{86}Y .

Принадлежность гамма-переходов к ^{86}Y определялась по периоду полураспада с учетом постоянства отношения интенсивностей гамма-переходов в гамма-спектрах, зарегистрированных на различных по условиям получения препаратах.

Сложность гамма-спектра ^{86}Y требует тщательного отделения пиков вылета от фотопиков. Для этой цели было изучено отношение площадей двойного и одиночного вылета на площади фотопика. На рис. 1 изображена кривая этих отношений в зависимости от энергии гамма-лучей. С помощью этой кривой были исключены по энергии и по

площади пики вылета, что позволило довольно уверенно с более высокой точностью определять энергии и интенсивности гамма-переходов в области 2-4 Мэв.

На рис. 2 изображены участки гамма-спектра. В гамма-спектре, кроме переходов, принадлежащих ^{86}Y , проявлялись и гамма-переходы с энергией 897; 1360 и 1838 кэв ^{88}Y и 380; 482 кэв ^{87}Y . При регистрации гамма-спектра из иттриевой фракции проявлялись также гамма-линии ^{85}Y .

3. Экспериментальные результаты

Полученные данные об энергиях и интенсивностях гамма-переходов, сопровождающих распад ^{86}Y , приведены в Таблице 1. Здесь же для сравнения показаны результаты, полученные в работах /3,9/. Используя наши данные по интенсивностям гамма-переходов и результаты, полученные в работе /9/ при изучении конверсионных электронов, мы уточнили коэффициенты внутренней конверсии α_k некоторых переходов. При этом было принято, что переход с энергией 1076 кэв типа E2 с теоретическим КВК $\alpha_k = 4,33 \cdot 10^{-4}$ /10/. В Таблице 2 сравниваются теоретические значения с экспериментально определенными и на этом основании делаются выводы о мультипольностях. Полученные результаты в основном совпадают с результатами работ /3/, /9/ (Табл. 2). Расхождения по мультипольностям некоторых гамма-переходов можно объяснить большей точностью при определении площади под сложными пиками гамма-спектра в нашей работе.

4. Схема распада ^{86}Y

Полученные новые данные об интенсивности и энергии гамма-переходов и их мультипольностях позволили нам ввести в схему распада ^{86}Y , предложенную авторами /1-3/, ряд изменений и дополнений и ряд новых уровней. Предложенная нами схема возбужденных уровней четно-четного ядра $^{86}\text{Sr}_{48}$ при распаде ^{86}Y приведена на рис. 3. В ней из 83 изме-

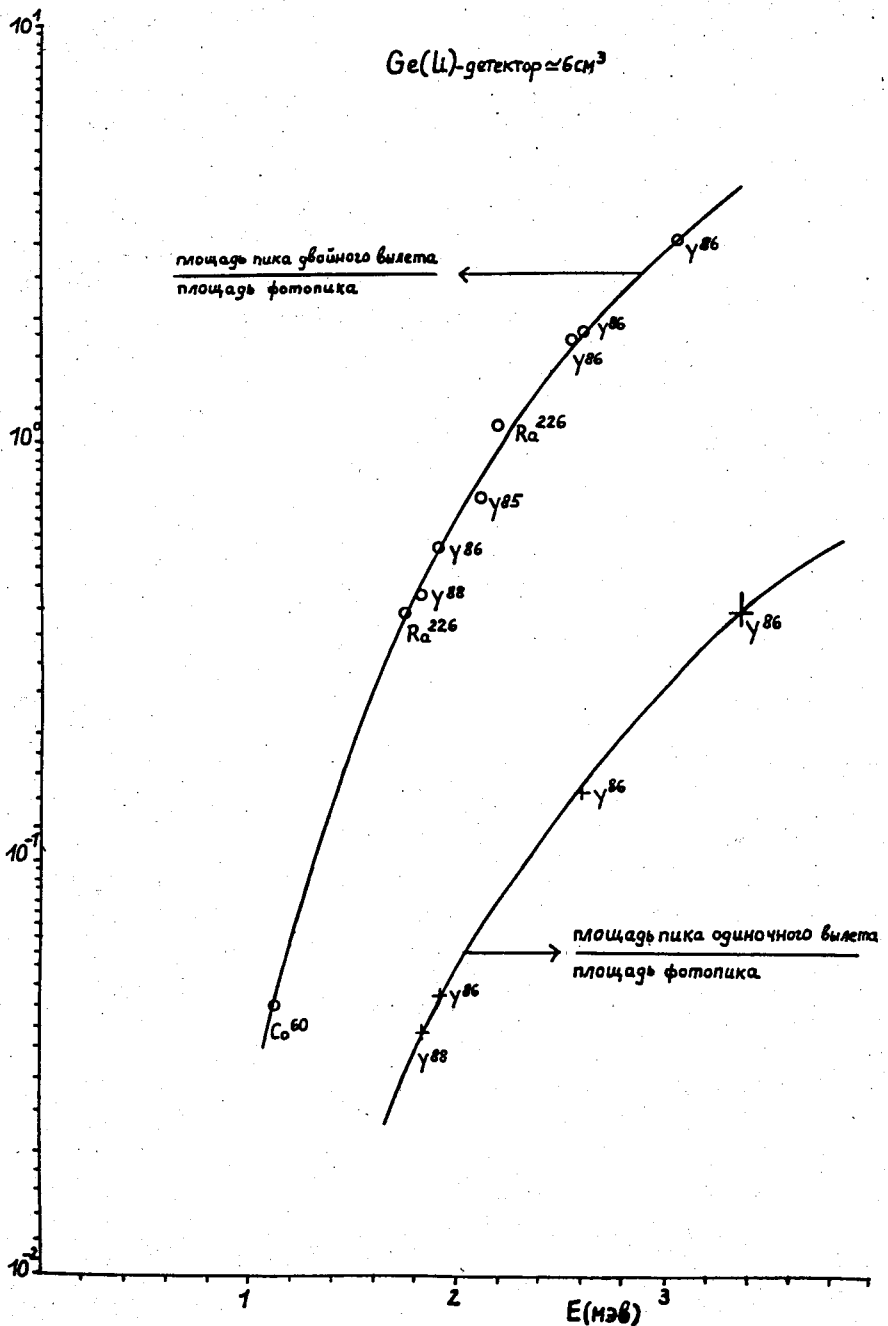


Рис.1. Зависимость отношений площадей пиков одиночного и двойного вылета к площади фотопика.

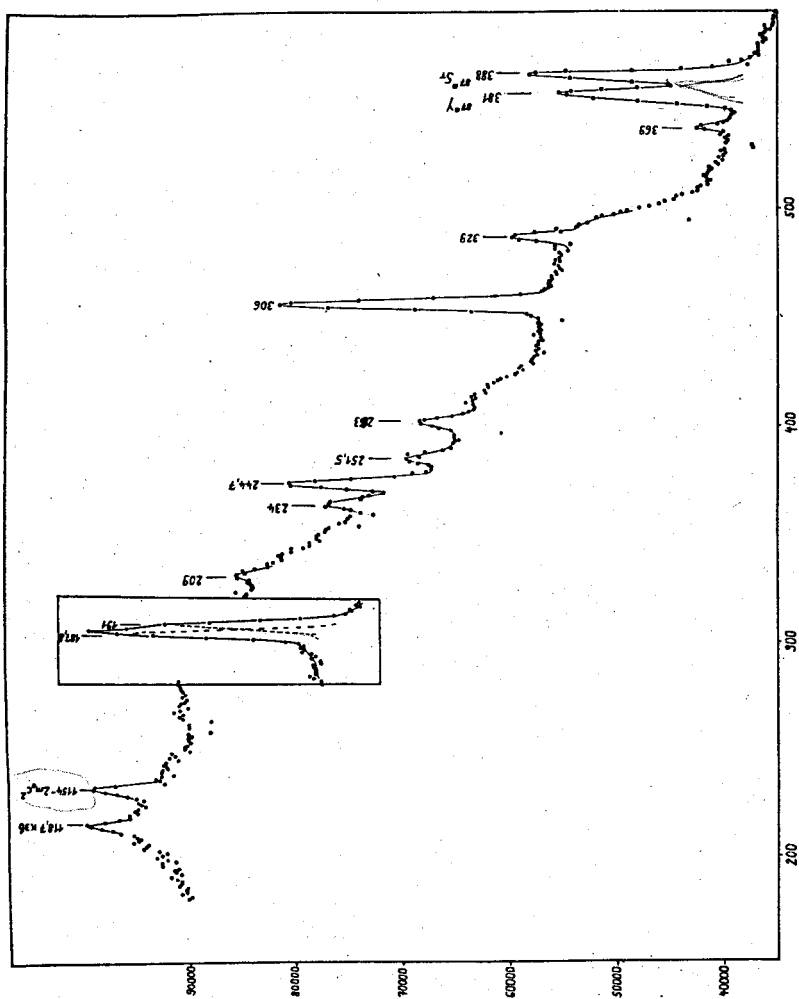


Рис.2а. Гамма-спектр ^{86}Y в области энергий от 100 до 400 кэв.

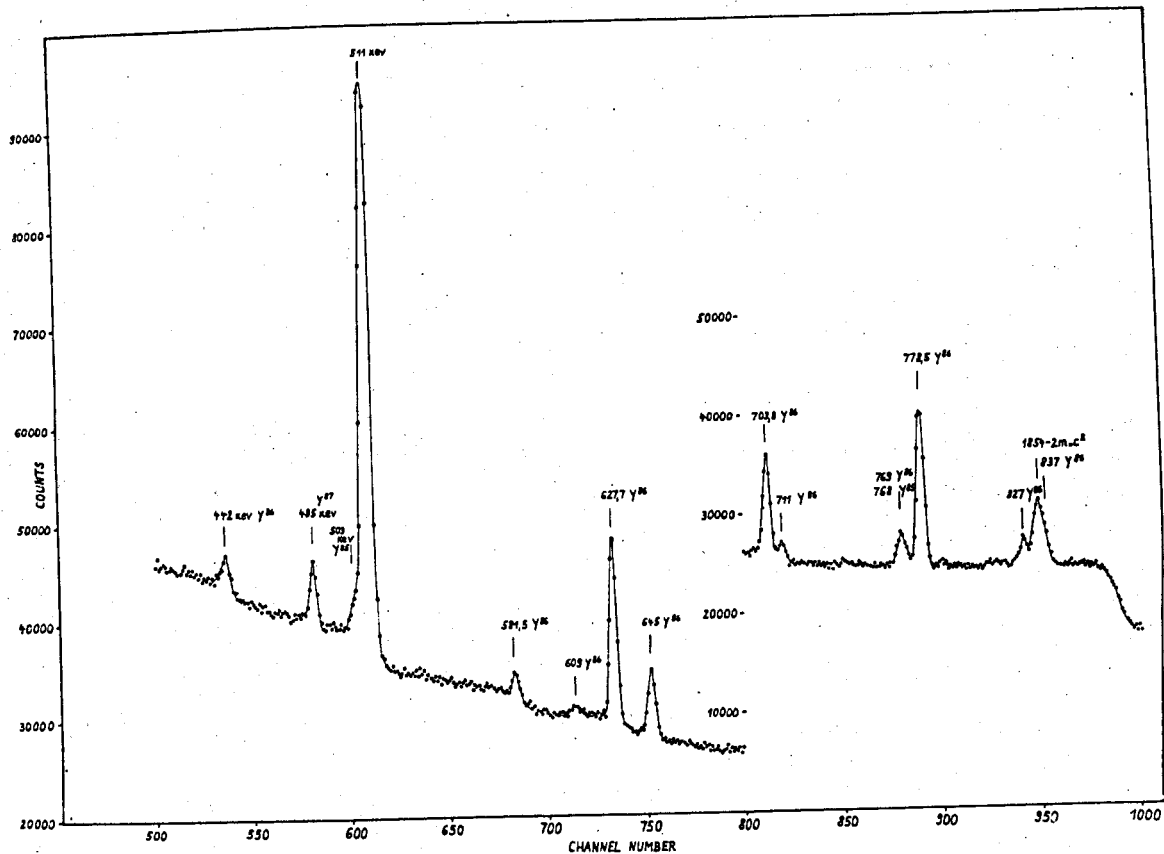


Рис.26. Гамма-спектр ^{86}Y в области энергий от 400 до 850 кэв.

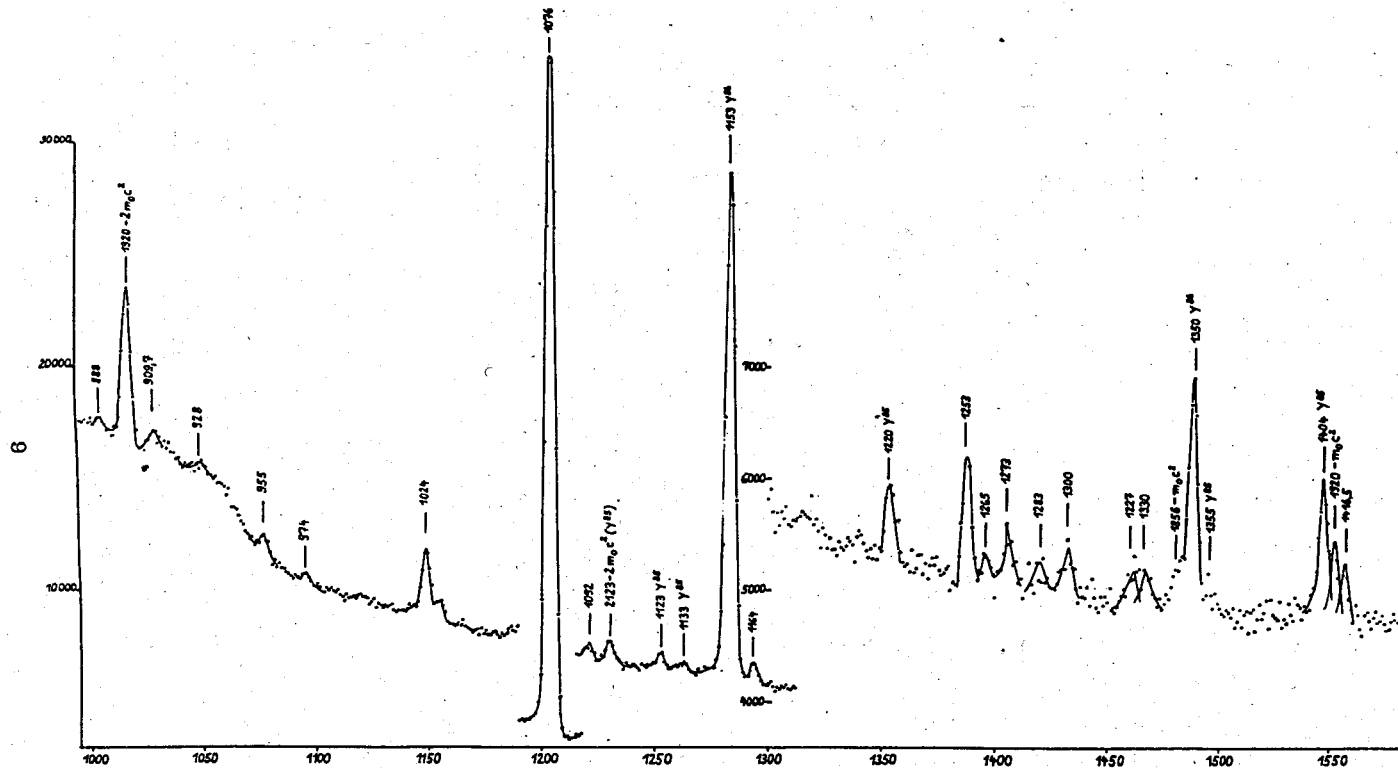


Рис.2в. Гамма-спектр ^{86}Y в области энергий от 880 до 1500 кэв.

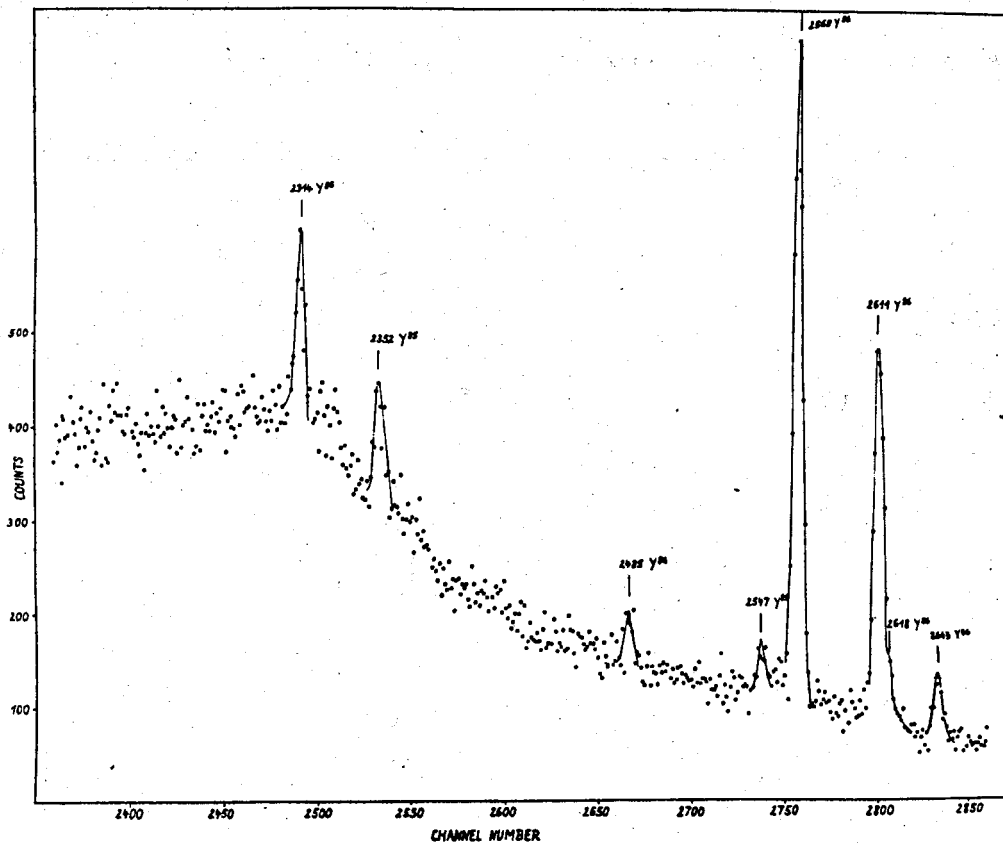


Рис.2г. Гамма-спектр ^{86}Y в области энергий от 2300 до 2650 кэв.

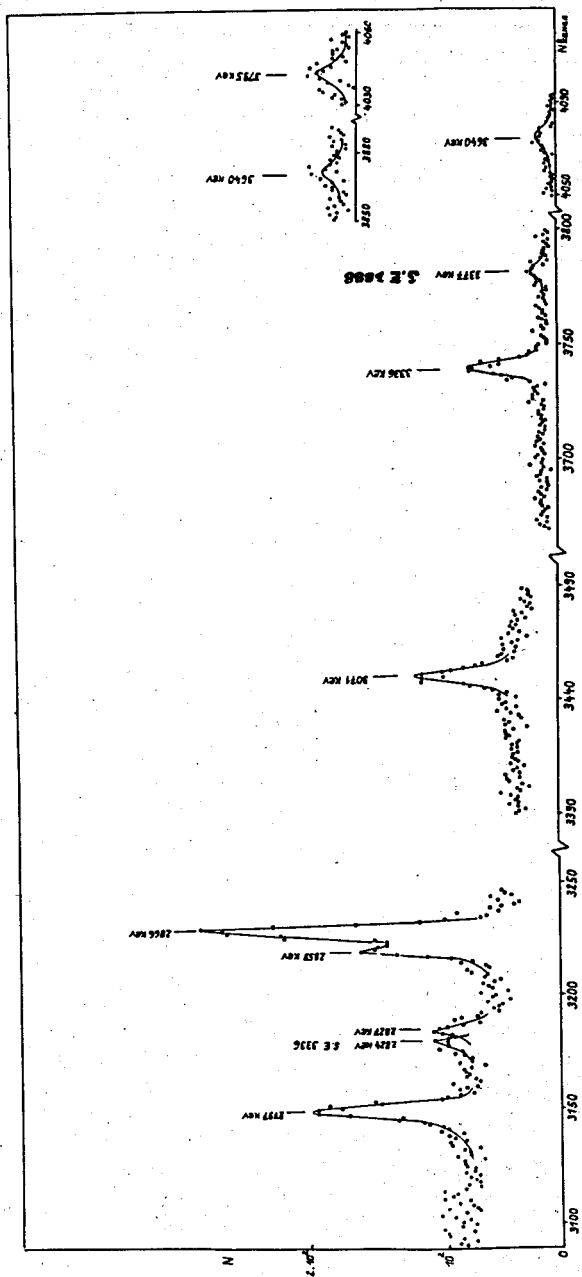


Рис.2д. Гамма-спектр ^{86}Y в области энергий от 2700 до 3800 кэВ.

Таблица 1
Энергии и интенсивности гамма-лучей ^{86}Y

| E_{γ} (кэв) | I_{γ} относит. | | |
|--------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| | Наши данные | (9) | (3) |
| 118,7 \pm 0,5 | 0,25 \pm 0,09 | - | - |
| 187,8 \pm 0,5 | 1,2 \pm 0,4 | 1,04 \pm 0,32 | } \leq 0,44 |
| 190 \pm 0,5 | 1,6 \pm 0,3 | 2,96 \pm 0,45 | |
| 209 \pm 0,5 | 0,17 \pm 0,02 | - | } \leq 0,07 |
| 234 \pm 0,5 | 0,35 \pm 0,05 | - | |
| 241,7 \pm 0,5 | 1,01 \pm 0,16 | - | - |
| 251,5 \pm 0,5 | 0,31 \pm 0,03 | 0,54 \pm 0,31 | - |
| 263 \pm 0,6 | 0,63 \pm 0,21 | - | - |
| 306,5 \pm 0,5 | 3,40 \pm 0,50 | 5,1 \pm 0,5 | 7,7 \pm 0,6 |
| 329 \pm 1 | 0,72 \pm 0,17 | - | \leq 0,7 |
| 369 \pm 1 | 0,48 \pm 0,09 | - | - |
| 442 \pm 1 | 21,8 \pm 1,2 | 21,0 \pm 1,8 | 23,2 \pm 1,2 |
| 581,5 \pm 0,5 | 5,35 \pm 0,55 | 4,6 \pm 0,9 | 5,4 \pm 0,4 |
| 609,3 \pm 0,5 | 1,4 \pm 0,2 | 2,5 \pm 0,9 | \leq 2 |
| 627,7 \pm 0,5 | 35,1 \pm 2,2 | 44,4 \pm 3,8 | 38,0 \pm 1,8 |
| 645 \pm 1 | 13,4 \pm 2,4 | 14,5 \pm 1,5 | 13,8 \pm 0,9 |
| 703,8 \pm 0,5 | 18,7 \pm 4,3 | 19,4 \pm 1,6 | 8 \pm 3 |
| 711 \pm 0,5 | 1,8 \pm 1,2 | 3,9 \pm 0,9 | 4,0 \pm 0,3 |
| 769 \pm 1 | 3,4 \pm 1,4 | - | - |
| 778,5 \pm 0,5 | 26 \pm 1,5 | 28,0 \pm 2,2 | 18 \pm 5 |
| 815,5 \pm 1,5 | 1,5 \pm 0,5 | - | \leq 1,0 |
| 827 \pm 0,5 | 4,1 \pm 1,8 | 3,9 \pm 0,9 | - |
| 837 \pm 0,5 | 5 \pm 1 | 6,2 \pm 1,1 | 10,5 \pm 0,8 |
| 888 \pm 1 | 1,2 \pm 0,8 | - | - |
| 909,7 \pm 0,5 | 2 \pm 0,5 | - | - |
| 928 \pm 1 | 1,6 \pm 0,4 | - | - |
| 955,3 \pm 0,5 | 1,0 \pm 0,7 | - | \leq 0,88 |
| 974 \pm 1 | 0,45 \pm 0,05 | - | - |

| КЕ γ (кэВ) | ¹ _a относит. | | |
|-------------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| | Наши данные | (9) | (3) |
| 1024 \pm 1 | 4,9 \pm 1,1 | 4,5 \pm 0,5 | 4,7 \pm 0,4 |
| 1064 \pm 1 | 0,9 \pm 0,4 | - | - |
| 1076 \pm 1 | 100 | 100 | 100 |
| 1092 \pm 1 | 0,99 \pm 0,26 | - | - |
| 1153 \pm 1,5 | 37 \pm 1 | 37,6 \pm 2,5 | 38,1 \pm 1,8 |
| 1273 \pm 1 | 0,56 \pm 0,21 | - | - |
| 1283 \pm 1 | 0,2 \pm 0,1 | - | - |
| 1300 \pm 1 | 0,5 \pm 0,2 | - | - |
| 1330 \pm 1 | 0,4 \pm 0,1 | - | - |
| 1350 \pm 2 | 3,6 \pm 0,5 | 3,2 \pm 0,7 | 4,6 \pm 0,2 |
| x) 1390 \pm 2 | \leq 0,3 | - | - |
| 1416,5 \pm 1,5 | 0,5 \pm 0,2 | - | - |
| 1460 \pm 1 | \leq 0,3 | - | - |
| 1510 \pm 1 | 0,3 \pm 0,1 | - | - |
| x) 1536 \pm 2 | 0,3 \pm 0,1 | - | - |
| 1603 \pm 2 | 0,5 | - | - |
| 1661 \pm 2 | 0,5 \pm 0,2 | - | - |
| 1710 \pm 1 | 0,2 \pm 0,05 | - | - |
| 1723 \pm 1 | 0,9 \pm 0,3 | - | - |
| x) 1782 \pm 1 | 0,1 \pm 0,1 | - | - |
| 1791 \pm 2 | 1,6 \pm 0,5 | - | \leq 1,5 |
| 1801 \pm 2 | 1,8 \pm 0,6 | 2,2 \pm 0,5 | 0,2 \pm 0,2 |
| 1854,5 \pm 1,5 | 22,4 \pm 1,6 | 20,2 \pm 1,5 | 21,7 \pm 1,1 |
| 1920 \pm 1 | 30 \pm 2 | 26,0 \pm 2,0 | 27,3 \pm 1,3 |
| 1940 \pm 3 | 0,15 \pm 0,05 | - | - |
| 2017 \pm 1 | 0,1 \pm 0,04 | - | - |
| 2043 \pm 2 | \leq 0,1 | - | - |
| 2058 \pm 2 | 0,37 \pm 0,13 | - | - |
| 2089 \pm 1 | 0,46 \pm 0,16 | - | - |
| 2110 \pm 2 | 0,05 \pm 0,02 | - | - |

| E_{γ} (кэВ) | ¹ α относит. | | |
|--------------------|--------------------------------|-----|-----------------|
| | Наши данные | (9) | (3) |
| 2130 \pm 2 | 0,15 \pm 0,07 | - | - |
| 2164 \pm 2 | 0,1 \pm 0,05 | - | - |
| 2190 \pm 3 | 0,1 \pm 0,05 | - | - |
| 2290 \pm 2 | \approx 0,1 | - | - |
| x) 2228 \pm 2 | \leq 0,1 | - | - |
| 2314 \pm 3 | 0,4 \pm 0,3 | - | - |
| 2485 \pm 2 | 0,2 \pm 0,1 | - | - |
| 2558 \pm 2 | 0,1 \pm 0,07 | - | - |
| 2568 \pm 1 | 3,2 \pm 0,4 | - | 2,8 \pm 0,2 |
| 2611 \pm 1 | 2,1 \pm 0,2 | - | 1,55 \pm 0,12 |
| 2617 \pm 2 | 0,2 \pm 0,08 | - | 0,63 \pm 0,08 |
| 2643 \pm 2 | 0,26 \pm 0,08 | - | 0,24 \pm 0,04 |
| 2797 \pm 2 | 0,3 \pm 0,1 | - | 0,30 \pm 0,09 |
| 2827 \pm 3 | 0,1 \pm 0,1 | - | - |
| 2859 \pm 3 | 0,3 \pm 0,1 | - | - |
| 2866 \pm 4 | 0,66 \pm 0,30 | - | 0,55 \pm 0,10 |
| x) 3025 \pm 5 | \leq 0,09 | - | - |
| 3071 \pm 4 | 0,90 \pm 0,2 | - | 0,22 \pm 0,11 |
| 3336 \pm 5 | 0,4 \pm 0,3 | - | - |
| 3640 \pm 4 | 0,4 \pm 0,3 | - | - |
| 3795 \pm 5 | 0,1 \pm 0,03 | - | - |
| x) 3868 \pm 5 | \approx 0,15 | - | - |
| 3888 \pm 5 | \approx 0,37 | - | - |
| 3918 \pm 5 | \approx 0,56 | - | - |

x/ Принадлежность этих переходов к распаду ⁸⁸Y нельзя считать установленной достоверно.

ренных гамма-переходов не размещены 11 слабых переходов. Разница интенсивностей, уходящих и приходящих на каждый уровень гамма-переходов, отнесена за счёт позитронного распада и электронного захвата. Доли β^+ -распада на отдельные уровни вычислены из теоретических отношений K/β^+ для разрешенных переходов. Полная энергия бета-распада принята равной (5227 ± 45) кэВ в соответствии с результатами работы /2/ по изучению бета-распада. Это значение хорошо совпадает с теоретической оценкой (5101 кэВ) , приведенной в работе /11/. На основании этих данных вычислены значения $lg ft$ переходов на уровни ^{86}Sr . Интенсивности заселения уровней и значения $lg ft$ указаны на рис. 3.

Уровни при 1076, 1854,5 и 2228 кэВ. Эти уровни с квантовыми характеристиками $1^\pi = 2^+, 2^+ \text{ и } 4^+$, соответственно, были предложены в работе /1-3/. Полученные нами экспериментальные результаты согласуются с ними.

Уровень при 2482 кэВ. В работе /1,2/ этому уровню приписаны характеристики $1^\pi = 3^+$, а в работе /3/ $1^\pi = 3^-$. Мультипольность типа E1 перехода с энергией 627,7 кэВ подтверждает значения $1^+ = 3^-$.

Уровни при 2558 и 3269 кэВ. Эти уровни были предложены по балансу энергий и интенсивностей $(711+704 \approx 1416 \text{ кэВ})$ и по результатам изучения гамма-гамма-совпадений в работе /2/. Там обнаружены совпадения между гамма-переходами с энергиями 704 и 773 кэВ; 711 и 1076, 1854 кэВ; совпадения между переходами с энергией 704 и 1153 кэВ не наблюдались.

Из наших измерений и из работы /9/ для гамма-перехода с энергией 704 кэВ следует существование мультипольности типа E2. Поэтому уровень 2558 кэВ может иметь характеристики $1^\pi = (2,3,4)^+$. На рис. 4 показана систематика энергий состояний с $1^\pi = 2^+(1), 2^+(2), 4^+ \text{ и } 3^+$ в ядрах с $Z = 38$. Судя по этой систематике, более вероятными характеристиками уровня 2538 кэВ являются $1^\pi = 3^+$.

Мультипольность типа $M1, E2$ гамма-перехода с энергией 711 кэВ позволяла приписать уровню 3269 кэВ характеристики $1^\pi = (4,3)^+$. Гамма-переход с этого уровня в основное состояние ($1^\pi = 0^+$) не наблюдался, поэтому трудно ожидать $1^\pi = 2^+$.

Уровень при 2670 кэВ. Этот уровень был впервые предложен в работе /2/ на основе измерения гамма-гамма-совпадений. Разности энергий между уровнем 2670 кэВ и уровнями 1854,5; 2228 и 2482 кэВ с очень незначительным отклонением совпадают с энергиями гамма-переходов 815, 442 и 188 кэВ.

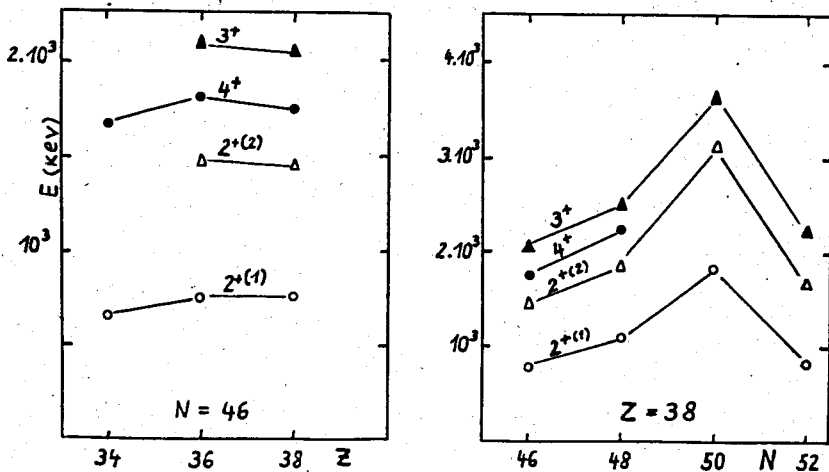


Рис.3. Систематика энергий уровней $2^{+(1)}, 2^{+(2)}, 3^+, 4^+$ в ядрах с $Z=38$.

Таблица 2

Коэффициенты конверсия и мультипольности гамма-переходов ^{86}Y

| E γ (кэв) | I γ относ. | I γ котн. | α эксп. x 10 $^{-4}$ | | α теор. | | | | Вывод о мультипольности | | |
|------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|-----|----------------|---------------|--------|-----|-------------------------|------------|--------|
| | | | | | E1.10 $^{-4}$ | E2.10 $^{-4}$ | M2. 10 | | По нашим данным | (3) | (9) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 187,8 | 1,2 \pm 0,4 | 73 \pm 1,5 | 285 | 137 | 257 | 845 | - | - | M1 (E2) | | M1 |
| 190 \pm 0,5 | 1,8 | 280 \pm 20 | 805 | 133 | 247 | 820 | - | - | E2 | | M1,E2 |
| 251,3 | 0,31 | 4,2 \pm 0,8 | 59 | 62 | 125 | 315 | - | - | E1 | - | E1 |
| 307 | 4,7 \pm 1,0 | 39,5 \pm 3,5 | 36,4 | 36 | 80 | 153 | - | - | E1 | E1 | E1 |
| 442 | 21,8 \pm 1,2 | 61 \pm 5 | 12,08 | 14 | 31,3 | 47,5 | - | - | E1 | E1 | E1 |
| 581,5 | 5,9 \pm 2,4 | 18 \pm 2,5 | 13,2 | 7 | 16,3 | 20,6 | - | - | M1,E2 | M1,E2 | M1,E2 |
| 609,3 | 1,5 \pm 1 | 4,5 \pm 0,5 | 12,99 | 6,2 | 14,7 | 18,1 | - | - | M1,E2 | E2,M1 | E1 |
| 627,7 | 37,3 \pm 3,2 | 56 \pm 3,5 | 6,5 | 5,9 | 13,8 | 16,8 | - | - | E1 | E1 (M1) | E1 |
| 645 | 13,4 \pm 2,4 | 37,5 \pm 2,5 | 12,1 | 5,6 | 13,0 | 15,5 | - | - | M1,E2 | E2,M1 | M1,E2 |
| 703,8 | 18,7 \pm 4,3 | 43 \pm 2 | 9,95 | 4,5 | 10,5 | 12,1 | - | - | M1,E2 | E2,M1 | M1,E2 |
| 711 | 1,8 \pm 1,2 | 7,5 \pm 2,0 | 18,04 | 4,5 | 10,4 | 12,0 | - | - | E2,M1 | E1 (E2,M1) | M1,E2 |
| 778,5 | 27,8 \pm 9,1 | 58,7 \pm 5,0 | 9,14 | 3,7 | 8,8 | 9,7 | - | - | E2,M1 | E2,M1 | M1,E2 |
| 827 | 4,1 \pm 1,8 | 3 \pm 1 | 3,17 | 3,2 | 7,4 | 8,2 | - | - | E1 | | E1 |
| 837 | 5 \pm 2 | 10,5 \pm 0,7 | 9 | 3,2 | 7,3 | 8,0 | - | - | E2,M1 | | |
| 1024 | 4,9 \pm 1,1 | 4,4 \pm 0,4 | 3,89 | 2,2 | 4,8 | 4,9 | - | - | M1,E2 | E2,M1 | M1,E2 |
| 1076 | 100 | 100 | 4,33 ^x) | 1,9 | 4,25 | 4,33 | - | - | E2 | E2 пр | |
| 1153 | 37 \pm 1 | 30,5 \pm 2,0 | 3,57 | 1,7 | 3,8 | 3,7 | - | - | M1,E2 | E2 пр | M1,E2 |
| 1164 | 1,8 \pm 0,5 | 4,3 \pm 1,1 | 12 | 1,7 | 3,8 | 3,7 | 7,0 | 8,0 | (E3?) | | M2,E3 |
| 1253,5 | 1,8 \pm 0,5 | 0,8 \pm 0,2 | 2,16 | 1,0 | 3,0 | 3,0 | - | - | E1 (E2?) | E2,M1 | E1 (?) |
| 1350 | 3,8 \pm 0,5 | 2,0 \pm 0,3 | 2,4 | 1,3 | 2,5 | 2,5 | - | - | M1,E2 | E2,M1 | M1,E2 |
| 1801 | 1,8 \pm 0,6 | 0,6 \pm 0,2 | 1,44 | 0,8 | 1,4 | 1,4 | - | - | M1,E2 | E1 | ? |
| 1854,5 | 22,4 \pm 1,8 | 7,1 \pm 1,1 | 1,37 \pm 1,1 | 0,7 | 1,4 | 1,4 | - | - | M1,E2 | E2 пр. | M1,E2 |
| 1920 | 30 \pm 2 | 4,2 \pm 0,8 | 0,60 | 0,7 | 1,3 | 1,3 | - | - | E1 | E1 (E2,M1) | E1 |

4⁺ 5,020

8⁺ 4,870

(4,3)⁻ 4994

(4,3)⁻ 4964

(4,3)⁻ 4871

2⁺ 4,540

(4,3)⁻ 4713

(5,4)⁻ 4440

(4,5,3)⁻ 4412

(3,4)⁺ 4147

5⁺ 4,010

5,4⁻ 3942

4⁺ 3,860

3⁻ 3873

2⁺ 3,710

4,5(3)⁻ 3831

5(4)⁻ 3644

6⁺ 3,550

3507

(4,3)⁺ 3269

(4,3,2)⁻ 3186

3⁻ 2996

(3,4)⁺ 2878

4(3)⁻ 2670

3*(2,4)⁺ 2558

0⁺ 2,40

3⁺ 2,470

3⁻ 2,482

8⁺ 2,400

4⁻ 2,620

5⁻ 2,580

4⁺ 2,228

4⁺ 2,228

6⁺ 2,350

0⁺ 2,330

2⁺ 1,854

2⁺ 1,854

4⁺ 1,980

2⁺ 1,076

2⁺ 1,076

2⁺ 1,080

0⁺ 0

0⁺ 0

0⁺ 0

Давыдов-Чабан

Эксперимент

Talmi - Унна

Рис.5. Сравнение энергий уровней ⁸⁶Sr с теоретическими значениями, вычисленными по модели Давыдова-Чабана и Талми-Унна.

Мультипольности типа E1 гамма-перехода 442 кэв и E2, M1 гамма-перехода 188 кэв позволяют приписать уровню 2670 кэв характеристики $1^{\pi} = 3^{-}, 4^{-}$. Существование гамма-перехода с энергией 815 кэв, идущего на уровень 2^{+} (1854,5 кэв), показывает, что трудно ожидать $1^{\pi} = 5^{-}$ для уровня 2670 кэв.

Уровень при 2878 кэв. Этот уровень предложен нами на основе баланса энергий ($1854+1024 \approx 1076+1801$ кэв) и интенсивностей. По результатам настоящей работы мультипольность перехода 1801 кэв оказалась E2, M1; по результатам настоящей работы и работы /5/ мультипольность гамма-перехода с энергией 1024 кэв - E2, M1. Следовательно, можно приписать уровню 2878 кэв характеристики $1^{\pi} = 3^{+}, 4^{+}$.

Поскольку не наблюдался гамма-переход с этого уровня в основное состояние (0^{+}), можно исключить характеристики $1^{\pi} = 2^{+}$.

Уровень при 2996 кэв. Спин и четность 3^{-} уровня 2996 кэв $-/2,3,9/$ согласуются с выводом о мультипольности типа E1 гамма-перехода 1920 кэв (Табл. 2). Маловероятными являются характеристики $1^{\pi} = (1,2)^{-}$, потому что, судя по значению $lgft = 6,4-6,9$, бета-переход на уровень 2996 кэв не может быть запрещенным второго порядка.

Уровень при 3186 кэв. Этот уровень введен нами на основании баланса энергий и интенсивностей ($2110+1076 \approx 1330+1854 \approx 955+2228 \approx 307+2878 \approx 3186$ кэв).

Не исключено существование гамма-переходов с энергиями 704; 628 и 515 кэв с уровня 3186 кэв на уровни 2482; 2558 и 2670 кэв, соответственно, хотя они могут разряжать другие уровни схемы (см. рис.3). Мультипольность E1 перехода 307 кэв (см. Табл. 2) позволяет приписать уровню при 3186 кэв характеристики $1^{\pi} = 4^{-}, 3^{-}, 2^{-}$.

Уровни при 3507, 3644, 3831 и 4440 кэв. Баланс энергий новых гамма-переходов согласуется с предложенными авторами работ /2,3/ уровнями энергий 3507, 3644, 3831 и 4440 кэв. Однако в настоящее время экспериментальных данных, позволяющих определить квантовые характеристики уровня 3507 кэв, недостаточно.

Точность определения a_k гамма-перехода с энергией 2568 кэв не позволяет однозначно приписать квантовые характеристики уровню при

3644 кэв. Но по значению $\lg ft$ (6,28) бета-распада на этот уровень и вероятности гамма-переходов, идущих на уровни с различными I^π , можно ожидать значения $I^\pi = (3,4)^-$.

Гамма-переходы с энергиями 1603, 1530 и 955 кэв, идущие по схеме распада (рис. 3) с уровня при 3831 кэв на уровни при 2228, 2482 и 2878, размещены нами. Квантовые характеристики $I^\pi = (4,5,3)^-$ приписаны уровню 3831 кэв с учетом мультипольностей типа E2, M1 перехода с энергией 1350 кэв. С уровня 3831 кэв не наблюдались гамма-переходы на уровни 2^+ . Поэтому менее вероятными являются характеристики $I^\pi = 3^-$ уровня при 3831 кэв.

Переход с энергией 928 кэв был размещен нами между уровнями 4440 и 3507 кэв. Мультипольность типа M1, E2 гамма-перехода с энергией 609 кэв и значение $\lg ft$ (5,81) подтверждают правильность приписания квантовых характеристик $I^\pi = 4^-, 5^-$ уровню 4440 кэв.

О новых уровнях при 3873, 3942, 4142, 4412, 4713, 4871, 4964 и 4994 кэв. Наблюдение новых жестких гамма-переходов и определение их энергий с достаточно высокой точностью позволили нам предложить эти новые уровни на основе баланса энергий и интенсивностей, учитывая вероятности гамма-переходов, идущих на низколежащие уровни с различными квантовыми характеристиками. Полученные значения $\lg ft \beta^+$ -переходов на эти уровни указывают на их разрешенный характер. Следовательно, можно ожидать для спина и четности этих уровней значения $(3,4,5)^-$. Для уровня 4412 кэв это предположение согласуется с мультипольностью типа E2, M1 гамма-перехода с энергией 581 кэв. Сравнение вероятности гамма-переходов, идущих с уровней 4994, 4964, 4871, 4713, 3942 кэв, позволяет исключить характеристики $I^\pi = 5^-$ этих уровней.

5. Обсуждение

Полученные в этой работе сведения о схеме распада ^{86}Y позволяют сравнивать применимость различных моделей для объяснения природы уровней четно-четного ядра ^{86}Sr .

Низкоэнергетические возбужденные состояния с положительной четностью ($1^\pi = 0^+, 2^+(1), 2^+(2), 4^+$) принято рассматривать как коллективные, фононные /2/. Если состояния при 1854 и 2228 кэВ с $1^\pi = 2^+$ и 4^+ , соответственно, рассматривать как двухфононные, в схеме распада должен наблюдаться переход между ними. Такого перехода, однако, нет.

Можно попытаться объяснить уровни при 1076 кэВ ($2^+(1)$), 1854 кэВ ($2^+(2)$), 2228 кэВ ($4^+(1)$), 2558 кэВ ($3^+(1)$) и 3269 кэВ ($4^+(2)$) в рамках квазиротационного представления также как уровни ^{82}Kr и ^{84}Y /11/. Тогда к основной квазиротационной полосе относятся уровни 0^+ , $2^+(1)$ и $4^+(1)$, к гамма-вибрационной - уровни $2^+(2)$, $3^+(1)$, и $4^+(2)$. Переходов между этими различными полосами $4^+(2) \rightarrow 4^+(1)$, $3^+(1) \rightarrow 2^+(1)$ мы не наблюдаем. Эти факты не противоречат квазиротационному представлению.

Сравним экспериментальный спектр уровней ^{86}Sr со спектром, предсказанным по модели Давыдова-Чабана /13/. Для этой цели на рис. 4 представлены спектры этих уровней. Параметры $\mu \approx 0,7$ и $\gamma = 30^\circ$ выбраны с помощью энергий первых трех возбужденных состояний. Для расчетов применялись таблицы из работы /14/. Сопоставление на рис. 4 показывает, что предсказанные энергии не совпадают с экспериментально определенными значениями. Единственный уровень, который подходит по энергии (2482 кэВ) для размещения в спектре уровней Давыдова-Чабана, исключается из-за отрицательной четности.

На рис. 4 приведены также уровни с четными значениями спина ^{86}Sr , полученные расчетным образом на основе энергий экспериментальных спектров ^{90}Zr с учетом конфигурационного взаимодействия /15/. Из этой схемы только первый возбужденный уровень при 1080 кэВ с $1^\pi = 2^+$ согласуется с экспериментальным уровнем при 1076 кэВ.

В работе /15/ уровням при 2482 и 2996 кэВ (оба с $1^\pi = 3^-$) приписывается различная природа на том основании, что обнаруженный авторами гамма-переход с энергией 2482 кэВ более интенсивный, чем гамма-переход с энергией 2996. В нашей работе выяснено, что переходов с такими энергиями в гамма-спектре ^{86}Y вообще нет. Более точное определение гамма-перехода с энергией 2482 кэВ из работы /15/ дало значение 2485 кэВ, что позволяет разместить этот переход более точно в схеме

распада между уровнями с энергиями 4713 и 2228 кэв. Значения I_{gt} для переходов на уровни при 2482 и 2996 кэв достаточно велики, что можно объяснить коллективным характером этих уровней.

В заключение авторы выражают благодарность К.Ф. Александеру за полезное обсуждение.

Л и т е р а т у р а

1. Toshimitan Yamazaki, Hidetongy Ikegami and Mitsuo Sakai, Nucl. Phys. 30, 68 (1962).
2. B. Van Nooigen, W. Lorens, H. Van Kruyten and A.N. Wapstra. Nucl. Phys. 63, 241 (1965).
3. Н.М. Антоњева, Е.П. Григорьев, А.В. Золотавин, Н.С. Катыхин, Л.Ф. Протасова, Я. Врзал, Я. Липтак, Я. Урбанец, Материалы X Совещания по ядерной спектроскопии нейтронодефицитных изотопов и теории деформированных ядер. Дубна, 1967 г.
4. Н.Г. Зайцева, М.Я. Кузнецова, М.Г. Лошилов, Г. Музиоль, Г. Пфреппер. Препринт ОИЯИ 2412, Дубна, 1965.
5. K. Kimura. Bull. Chem. Soc. Chem. Jap. 33, 8, 1038, 1960.
6. Н.Г. Зайцева, Чжоу-Мо-лун. Тезисы докладов XIII Всесоюзного совещания по ядерной спектроскопии, стр. 28, 1963г. Изд. АН СССР, М-Л.
7. Н.Г. Зайцева, В.В. Кузнецов, М.Я. Кузнецова, Ма Хо Ик, Г. Музиоль, Хань Шу-жунь, Чжоу-Мо-лун, В.Г. Чумин. Ядерная физика, 1,385,1965.
8. Г.И. Забиякин, И. Звольский, В.И. Приходько, Й. Томик, В.П. Трубников, В.И. Фоминых, В.М. Цупко-Ситников. Известия АН СССР, сер. физ., 81, 1601 (1967).
9. B. Van Nooijen, A.V. Ramayya, Hamilton, Rinajjian and Johnson, Internal Confersion Progress, 1966, Acad. Press, New York & London.
10. Л.А. Слив и И.М. Банд. Таблицы коэффициентов внутренней конверсии гамма-излучения. Изв. АН СССР, М-Л, 1956.
11. N. Zeldes, A. Grill and A. Simieric. Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selsk, 3, No. 5 (1967).
12. Н.Г. Зайцева, Б. Крацик, М.Г. Лошилов, Г. Музиоль, Чан Тхань Минь, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ Р6-4240, Дубна, 1969.

13. A.S. Davydov and A.A. Chaban, Nucl. Phys., 20, 499 (1960).
14. P.P. Day, E.D. Klema and C.A. Mallmann, Argonne National Laboratory Report ANL - 6220 (1960).
15. I. Talmi and I. Unna, Nucl. Phys. 19, 225 (1960).
16. A.V. Ramayya and J.H. Hamilton, BAPS, April 1968, 583.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 декабря 1968 года.