

B-818

26/III - 68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6 - 3698



ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

Я.Врзал, Б.С.Джелепов, Я.Липтак, Л.Н.Москвин,  
В.П.Приходцева, Т.И.Сидорова, Я.Урбанец

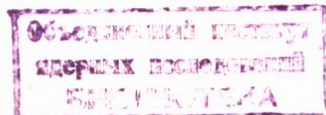
$\gamma$  - ИЗЛУЧЕНИЕ  $^{69}\text{Ge}$

1968

Р6 - 3698

Я.Врзал, Б.С.Джелепов, Я.Липтак, Л.Н.Москвин,  
В.П.Приходцева, Т.И.Сидорова, Я.Урбанец

$\gamma$  - ИЗЛУЧЕНИЕ <sup>69</sup>Ge



Гамма-излучение  $^{69}\text{Ge}$  ( $T_{1/2} = 38,8$  час) детально было изучено в 1965 г. Темперли с сотрудниками <sup>/1/</sup> на детекторе объемом  $\approx 0,5 \text{ см}^3$ . Они уточнили энергии переходов, обнаруженных с помощью сцинтилляционной техники <sup>/2/</sup> и нашли 8 новых  $\gamma$ -линий малой интенсивности (интенсивности этих слабых линий были определены с большими погрешностями - 30-50%). На основании уточненных значений энергии переходов и результатов измерения  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений в  $^{69}\text{Ge}$ , выполненных на сцинтилляционном спектрометре совпадений. авторы работы <sup>/1/</sup> предложили схему распада  $^{69}\text{Ge}$ , в которой размещаются все переходы, кроме двух с энергиями 1485 и 1727 кэВ. Эти линии они наблюдали в измерениях только с одним источником и отнесли их за счет примесей. Темперли и др. <sup>/1/</sup> не обнаружили  $\gamma$ -линий с энергиями 260, 300 и 420 кэВ., которые были замечены ранее Швердфегером и др. на сцинтилляционном спектрометре <sup>/2/</sup>.

Мы измерили спектр  $\gamma$ -лучей  $^{69}\text{Ge}$  на двух детекторах с чувствительными объемами  $\approx 5 \text{ см}^3$  и  $\approx 12 \text{ см}^3$ , которые в этих измерениях давали на  $\gamma$ -линии  $^{60}\text{Co}$  1332 кэВ полуширину линии 5 кэВ. Для регистрации спектров использовался 4096 - каналный амплитудный анализатор ЛНФ ОИЯИ.

В качестве источника использовалась смесь изотопов германия, выделявшаяся из иттриевой или германиевой мишеней, облученных быстрыми протонами ( $E_p = 660$  мэВ). Выделение из обеих мишеней произ-

водилось отгонкой летучего тетрахлорида германия из концентрированных солянокислых растворов. В случае германиевой мишени отгонка шла параллельно с растворением мишени в царской водке.

Измерения спектра  $\gamma$  - лучей  $^{69}\text{Ge}$  проводились спустя 30-35 часов после облучения; к этому времени короткоживущие изотопы германия  $^{66}\text{Ge}$  ( $T_{1/2} = 2,4$  часа) и  $^{67}\text{Ge}$  ( $T_{1/2} = 19$  мин.) полностью распадались. Предварительно германиевая фракция очищалась от накопившегося дочернего геллия. Раствор смеси изотопов галлия и германия в  $3n\text{HCl}$  фильтровался через распределительно-хроматографическую колонку из пористого фторопласта -4 с трибутилфосфатом в качестве неподвижной фазы. Галлий задерживался в колонке, а очищенный германий оказывался в фильтрате.

Спектр гамма-лучей  $^{69}\text{Ge}$  был изучен нами на обоих детекторах вплоть до энергий 2200 кэв. На рисунках 1-4 представлен спектр  $\gamma$  - лучей  $^{69}\text{Ge}$ , снятый на большом детекторе, с фильтром 4мм Al и с источником, полученным выделением из Ge мишени спустя 35 часов после облучения (накопившийся дочерний галлий удален). Результаты наших измерений и сравнение их с данными Темперли и др. <sup>/1/</sup> приведены в таблице.

Мы обнаружили все  $\gamma$  - линии, замеченные в работе <sup>/1/</sup>. Для ряда слабых линий - 533, 587, 762 и 1891 кэв уточнены интенсивности, погрешности в их определении составляют теперь 10-15%.

В спектре  $\gamma$  - лучей  $^{69}\text{Ge}$  отчетливо проявились линии с энергиями 1486 и 1724 кэв, которые трудно отнести за счет примесей; их интенсивности по отношению к остальным линиям  $^{69}\text{Ge}$  остаются неизменными во всех измерениях спектра  $\gamma$  - лучей германиевой фракции, выделенной как из Y, так и из Ge мишеней. Линии с энергиями 260 и 300 кэв нами не обнаружены. Если они и есть, то их интенсивности  $< 0,047$  и  $< 0,039\%$  распадов соответственно.

### Обсуждение результатов

В спектре  $\gamma$  - лучей германия, очищенного от дочернего галлия, не было обнаружено никаких  $\gamma$  - линий заметной интенсивности, которые можно было бы отнести за счет примесей. Таким образом аннигиляционный пик 511 кэВ полностью обусловлен позитронами  $^{69}\text{Ge}$ . Это позволило нам определить интенсивности  $\gamma$  - лучей  $^{69}\text{Ge}$  в процентах распадов. Полученные данные приведены в последней колонке таблицы.

На рис.5 представлена уточненная схема возбужденных уровней  $^{69}\text{Ge}$ . Она в основном согласуется со схемой, предложенной Темперли с соавторами /1/

Результаты наших измерений позволяют ввести два новых уровня с энергиями 2044 и 1486 кэВ. О существовании возбуждаемого уровня 2044 кэВ свидетельствует  $\gamma$ - линия с такой энергией. С введением этого уровня в схеме распада  $^{69}\text{Ge}$  размещаются переходы 1724 и 1470 кэВ. Введение уровня 1486 кэВ позволяет разместить в схеме переходы 1486 и 912 кэВ.

Из вновь обнаруженных переходов в схеме размещаются также переходы 1019, 1150 и 1450 кэВ. Не укладываются в предложенную схему распада  $^{69}\text{Ge}$  переходы с энергиями 1402 и 1460 кэВ. Величины  $\log ft$  для переходов на все уровни  $^{69}\text{Ge}$  были вычислены нами на основании баланса интенсивностей для этих уровней; электронный захват учитывался по формулам для разрешенных переходов. В работах /3,4/ были обнаружены две группы позитронов с граничными энергиями 1200-1220 кэВ и 620-700 кэВ и интенсивностями 93-95% и 7-5% соответственно. Нашей схеме эти результаты не противоречат. Совпадения  $\gamma$  (878) -  $\beta$  (170-300) и  $\gamma$  (237)  $\beta$  и  $\gamma$  (320)  $\beta$  /4/ указывали на существование других групп позитронов, но интенсивности этих групп очень малы и не обнаруживались при разложении спектра по методу Ферми.



$\gamma - \gamma$  - совпадения <sup>/1/</sup> нашей схеме не противоречат. Приписание спинов и четностей уровням <sup>69</sup>Ga затруднительно, так как до сих пор не изучены ни спектр конверсионных электронов, ни угловые корреляции.

По модели оболочек спины и четности основных состояний <sup>69</sup>Ga и <sup>69</sup>Ge должны быть  $3/2^-$  и  $5/2^-$  соответственно. Величина спина основного состояния <sup>69</sup>Ga -  $3/2^-$  подтверждена экспериментально <sup>/5/</sup>. О квантовых характеристиках возбужденных состояний <sup>69</sup>Ga можно сделать заключения, опираясь на величины  $\log ft$ . Значения  $\log ft$  для переходов на все состояния (за исключением состояния 320 кэв) лежат в интервале 5,4 и 6,4, что свидетельствует о разрешенном характере этих переходов. Отсюда можно заключить, что спины и четности упомянутых уровней <sup>69</sup>Ga ограничиваются значениями  $3/2^-$ ,  $5/2^-$ ,  $7/2^-$ . Тот факт, что переход 320 кэв замечен при кулоновском возбуждении <sup>/6/</sup>, обозначает, что этот переход либо типа E2, либо E2 + M1 и, следовательно, спин и четность уровня 320 кэв лежат между  $1/2^-$  и  $7/2^-$ . Судя по балансу интенсивностей для уровня 320 кэв (он в пределах точности наших измерений полностью сбалансирован по приходящим и уходящим с него  $\gamma$  - переходам),  $\beta^+$  - распад на этот уровень если и идет, то с незначительной интенсивностью, и  $\log ft$  такого перехода должен быть большим (при интенсивности  $\approx 0,20\%$  распадов  $\log ft$  был бы  $> 8$ ). Отсюда можно сделать вывод, что спин и четность уровня 320 кэв, вероятнее всего,  $1/2^-$ .

#### Л и т е р а т у р а

1. J.K.Temperly, D.K.Daniels, D.O.Wells, Phys. Rev., 139, 513, 1125 (1965).
2. C.F.Schwerdfeger, A.V.Ramanya, A.C.G.Mitchell, Nucl. Phys., 49, 55 (1963).
3. R.H.Nussbaum, S.K.Suri, Phys. Rev., 105, 1272 (1957).
4. К.А.Баскова, С.С.Васильев, М.А.Халю-Лейла, Л.Я.Шавтвалов. Изв. АН СССР, сер. физич. 29, 200 (1965).
5. D.A.Jackson Z.für Phys. 74, 291 (1932), Z.für Phys., 75, 229 (1932).

6. L.W.Fagg, E.H.Geer, E.A.Wolicki. Phys.Rev., 104,1073 (1956).

Рукопись поступила в издательский отдел  
8 февраля 1968 года.

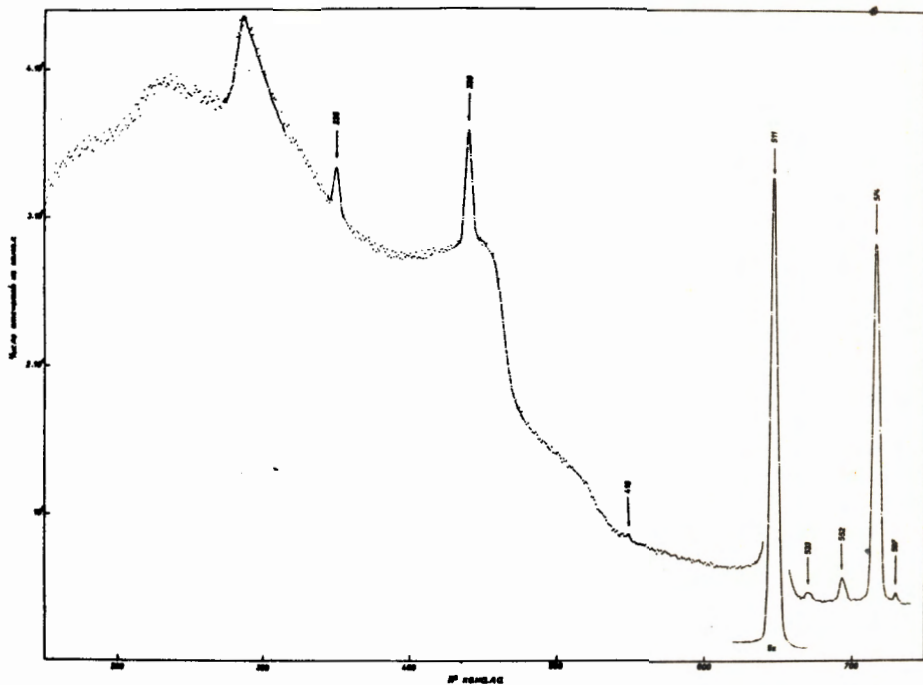


Рис.1. Спектр  $\gamma$ -лучей  $^{68}\text{Ge}$ , снятый на детекторе  $\approx 12 \text{ см}^3$  с источником, выделенным из германиевой мишени спустя 35 часов после облучения (накопившийся дочерний галлий удален).

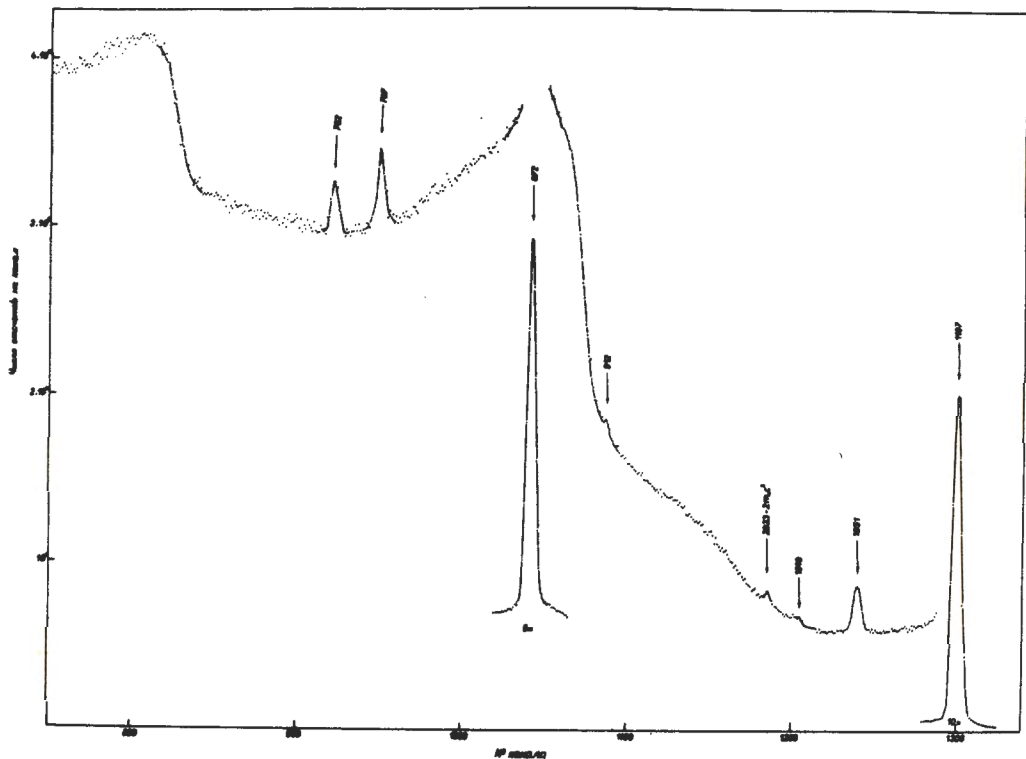


Рис.2. Спектр  $\gamma$  - лучей  $^{69}\text{Ge}$ , снятый на детекторе  $\approx 12 \text{ см}^3$  с источником, выделенным из германевой мишени спустя 35 часов после облучения (накопившийся дочерний галлий удален).



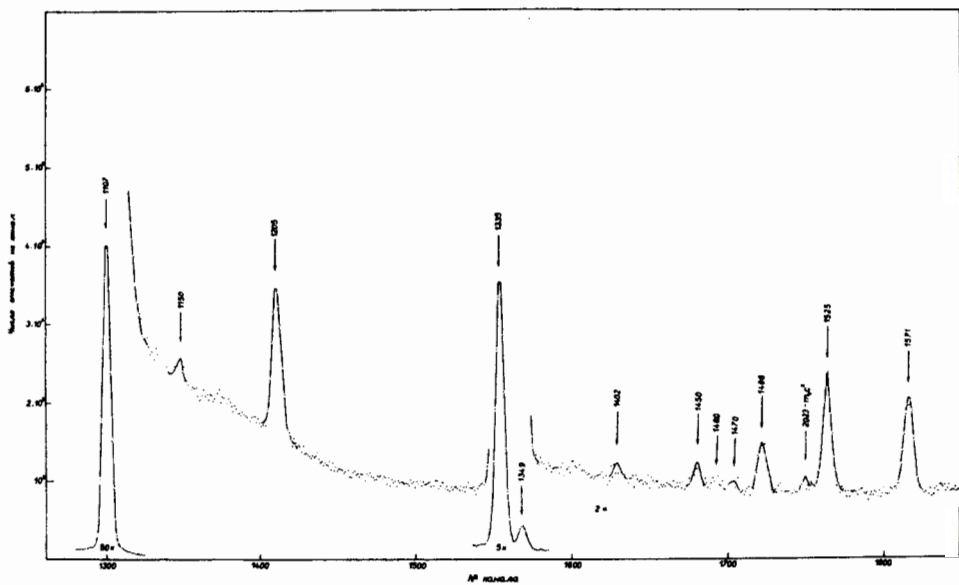


Рис.3. Спектр  $\gamma$ -лучей  $^{89}\text{Ge}$ , снятый на детекторе  $12\text{ см}^3$  с источником, выделенным из германиевой мишени спустя 35 часов после облучения (накопившийся дочерний галлий удален).

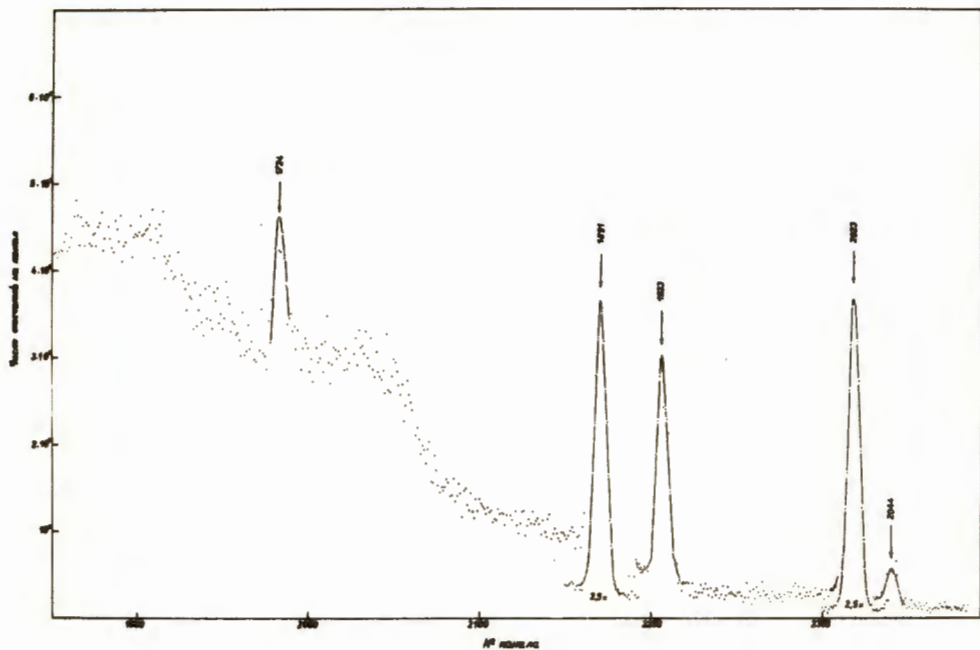


Рис.4. Спектр  $\gamma$ -лучей  $^{69}\text{Ge}$ , снятый на детекторе  $12\text{ см}^3$  с источником, выделенным из германиевой мишени спустя 35 часов после облучения (накопившийся дочерний галлий удален).

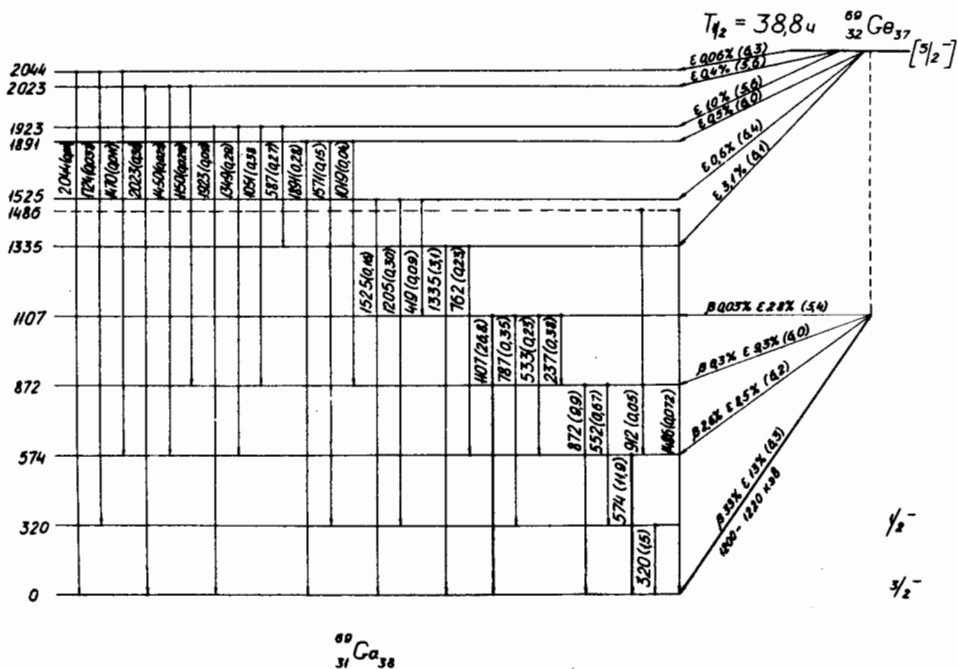


Рис.5. Схема распада  $^{60}\text{Ge}$ .

Темперли и др. 1965г. /I/			Наши данные		
$E_\gamma$ кэВ	$J_\gamma$	$E_\gamma$ кэВ	$J_\gamma$	$J_\gamma$ (% распадов)	
1.	237±2	1.1±0.1	235±1	1.4±0.2	0.38±0.05
2.	320±2	3.8±0.3	320±1	5.5±0.6	1.5±0.2
3.	-	-	419±2	0,32±0.09	0.09±0.03
4.	511	269	511	270±15	72±4
5.	532±1	0.9±0.3	533±1	0.85±0.07	0.23±0.02
6.	553±1	2.0±0.2	552±1	2.5±0.2	0.67±0.05
7.	573±0.5	44.6±0.3	574±1	44.4±2	11.9±0.5
8.	587±1	0.7±0.3	587±1	1.0±0.1	0.27±0.03
9.	763±2	0.6±0.3	762±1	0.84±0.08	0.23±0.02
10.	788±2	1.3±0.3	787±1	1.3±0.1	0.35±0.04
11.	871.8±0.5	35.2±0.3	872±1	37.3±2	9.9±0.5
12.	-	-	912±2	0.17±0.09	0.05±0.03
13.	-	-	1019±2	0.16±0.05	0.04±0.01
14.	1052±2	1.1±0.1	1051±1	1.4±0.1	0.38±0.03
15.	1107.2±0.5	100	1107±1	100	26.8±1.0
16.	-	-	1150±2	0.11±0.02	0.029±0.006
17.	1206±2	0.9±0.1	1205±1	1.11±0.05	0.30±0.02
18.	1335±1	11.0±0.8	1335±1	11.7±0.5	3.1±0.1
19.	1349±2	0.8±0.1	1349±1	1.1±0.1	0.29±0.03
20.	-	-	1402±2	0.067±0.04	0.018±0.011
21.	-	-	1450±2	0.10±0.03	0.027±0.009
22.	-	-	1460±2	0.043±0.02	0.012±0.006
23.	-	-	1470±2	0.040±0.02	0.011±0.006
24.	(1485)	0.5	1486±1	0.27±0.03	0.072±0.007
25.	1525±2	0.5±0.1	1525±1	0.60±0.03	0.16±0.01
26.	1576±2	0.5±0.1	1571±1	0.57±0.03	0.15±0.01
27.	(1727)	0.3	1724±1.5	0.14±0.03	0.037±0.008
28.	1893±2	0.7±0.1	1891±0.1	1.04±0.05	0.28±0.01
29.	1922±2	0.22±0.03	1923±1	0.33±0.04	0.09±0.01
30.	2023±2	0.9±0.1	2023±1	1.33±0.06	0.36±0.02
31.	-	-	2044±2	0.054±0.008	0.014±0.002