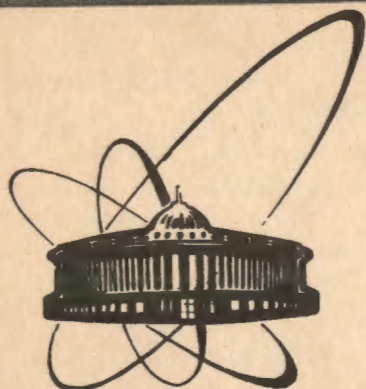


91-568



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P6-91-568

Э.В.Васильева, В.Д.Кулик, Е.В.Куликов,
Н.А.Лебедев, Ле Хонг Кхьем, А.Ф.Новгородов,
Ю.П.Попов, А.М.Суховой, Фам Динх Кханг,
В.А.Хитров, Ю.В.Хольнов

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА $\gamma\gamma$ -СОВПАДЕНИЙ
С СУММИРОВАНИЕМ АМПЛИТУД СОВПАДАЮЩИХ
ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СХЕМ РАСПАДА
РАДИОАКТИВНЫХ ЯДЕР. СХЕМА γ -ПЕРЕХОДОВ
В РАСПАДЕ $^{170}\text{Lu} \rightarrow ^{170}\text{Yb}$

Направлено в журнал "Известия АН СССР,
серия физическая"

1991

1. Введение

Схема распада ^{170}Lu - ^{170}Yb очень сложна. Результаты многочисленных работ по исследованию спектров излучений ^{170}Lu ($T_{1/2}=48$ ч, $Q=3467$ кэВ) тщательно проанализированы в книге Б.С. Дзелепова, В.Е. Тер-Нерсисянца и С.А. Шестопаловой [1]. Схема содержит 79 возбужденных состояний ^{170}Yb и более 500 γ -переходов между ними.

Основой построения схемы γ -переходов в ^{170}Yb является метод Ритца, т. е. метод совпадения сумм значений энергии каскадных γ -переходов. Успех применения этого метода существенно зависит от уровня спектрометрических исследований - от разрешения спектрометров и точности определения энергии излучений.

Измерения спектров излучений ^{170}Lu проводились на достаточно высоком уровне. Так, погрешность определения энергии γ -лучей составляет в основном 100-200 эВ.

Тщательный анализ экспериментальных результатов в [1], многие из которых принадлежат авторам этой книги, привел к построению, по-видимому, оптимальной схемы распада ^{170}Lu .

Недостатком метода Ритца является возможность случайных совпадений сумм значений энергии переходов, что приводит в ряде случаев к ложным уровням и неправильному размещению γ -переходов. Вероятность таких случайных совпадений резко возрастает с увеличением числа переходов.

Для исследования схемы переходов в ^{170}Yb мы применили метод, не связанный с методом Ритца, - метод суммирования амплитуд совпадающих импульсов (САСИ), разработанный в ОИЯИ при исследовании схемы распада компаунд-состояний ядер, возбуждаемых при захвате нейтронов (реакция $(n, 2\gamma)$) [2].

Суть метода состоит в следующем. Исследуются спектры $\gamma\gamma$ -совпадений с условием, что суммарная энергия двух квантов равна разнице значений энергии связи нейтрона и одного из нижних уровней. Полученный дифференциальный спектр состоит из пар γ -линий, равноотстоящих от центра спектра. Эти пары образуют каскады.

Они определяют положения промежуточных уровней. Такие спектры могут быть построены для ряда нижних состояний, конечных уровней каскадов.

Этот метод совершенно независим от метода Ритца. Если каскад доказан и порядок переходов в нем известен (имеется

соответствующие критерии), то положение промежуточного уровня и каскадных переходов фиксируется однозначно.

В настоящей работе метод впервые применен для исследования сложной схемы радиоактивного распада. В этом случае имеются существенные особенности, которые потребовали специальных методических разработок.

II. Экспериментальные условия

^{170}Lu получен при облучении Ta протонами с энергией 680 МэВ на синхротронной установке ЛЯП ОИЯИ. Сначала из растворенной после облучения мишени хроматографически выделялась фракция Hf, в которой содержался ^{170}Hf с $T_{1/2}=16$ час. После выдержки 1-2 суток проводилось вторичное выделение Lu из этой фракции. Кроме ^{170}Lu при этом выделялся и ^{169}Lu . Однако энергия распада его ($Q=2300$ кэВ) находится ниже области энергии каскадов, которые мы исследовали.

Использовались источники с активностью ^{170}Lu порядка 100 кБк. Как и в других разновидностях метода совпадений, нуклиды с большей активностью мы не могли использовать из-за квадратичного роста фона случайных совпадений.

Для измерений использовалась та же установка метода САСИ, которая применялась для исследований $(n,2\gamma)$ -реакций. Основу ее составляют два Ge(Li)-детектора объемом по ≈ 100 см³ с разрешением $\approx 3-4$ кэВ по ^{60}Co . Схема установки описана ранее [2]. Эффективность регистрации в суммарном пике ^{60}Co составляла $\approx 5 \cdot 10^{-5}$ совп./распад. В процессе эксперимента результаты записываются на магнитную ленту, а затем обрабатываются на ЭВМ PDP-11/70.

III. Особенности метода САСИ при исследовании радиоактивного распада

Основное различие двух разновидностей метода САСИ заключается в том, что в реакции $(n,2\gamma)$ (рис.1а) точно заданы начальное (B_n) и конечное (E_{f1} или E_{f2}) состояния. В случае радиоактивного распада (рис.1б) заселяются многие возбужденные уровни ядра, поэтому определенное верхнее фиксированное состояние отсутствует. В каждом каскаде определяемым является не только промежуточное состояние, но и начальный уровень каскада. Идеально было бы пройти по всем верхним уровням в качестве начальных при заданных E_f . Однако нельзя сделать энергетические ворота меньше разрешения детектора.

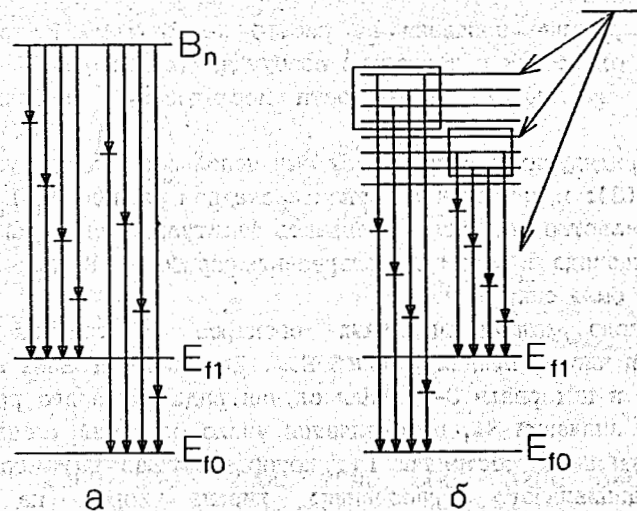


Рис. 1. Два типа схем распада:

а) Распад компаунд-состояния ядра, образующегося в реакции $(n,2\gamma)$; б) β - (α) -распад.

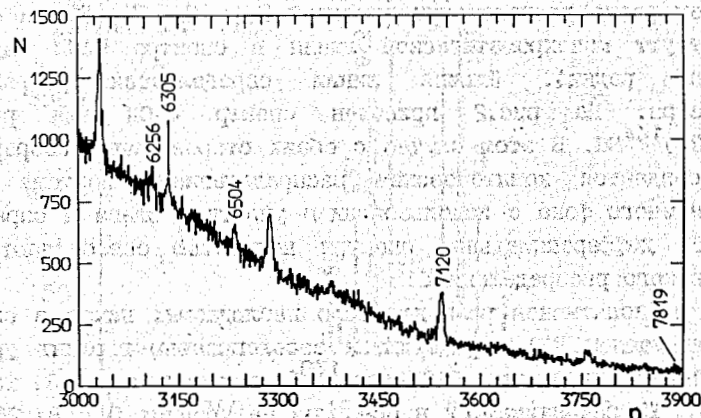


Рис. 2. Спектр САСИ распада компаунд-состояния, образующегося в реакции $^{143}\text{Nd}(n,2\gamma)^{144}\text{Nd}$.

Эти ворота условно показаны на рис.16 квадратами. В них могут попасть как одно, так и несколько возбужденных состояний.

Отсюда и вытекают особенности исследования радиоактивного распада.

1. В предыдущих экспериментах был использован метод улучшения разрешения [3]: в каждом конкретном каскадном распаде $E_1 + E_2 = E_n - E_f$. Это обстоятельство позволяло уменьшить флуктуации значений энергии переходов каскада и улучшало разрешение прибора. В нашем случае это условие было снято.

2. Число дифференциальных спектров в реакции $(n, 2\gamma)$ определяется числом нижних уровней E_{f1} . Для исследованных ядер это число лежит в интервале 3-10. Для случая радиоактивного распада к этому числу значений E_{f1} прибавляется число областей (квадраты на рис.16) начальных состояний E_1 , которое должно быть большим в силу принципиального требования: ширина ворот не должна существенно превышать разрешение спектрометра.

Так, в случае ^{170}Lu при двух значениях $E_{f1,2}=0$ и 84,26 кэВ исследовано 57 дифференциальных спектров.

3. Для рассматриваемых двух случаев происхождение пиков в спектре САСИ различно. Для $(n, 2\gamma)$ -реакции эти пики определяются положением редко расположенных уровней E_{f1} : $E_{S1} = E_{Bn} - E_{f1}$ и обычно соответствуют монохроматической линии в спектре САСИ (дублеты достаточно редки). Ширина линии определяется разрешением спектрометра. На рис.2 приведен спектр САСИ для реакции $^{143}\text{Nd}(n, 2\gamma)^{144}\text{Nd}$. В этом случае с обеих сторон линии непрерывный спектр создается комptonовским распределением. Поэтому после вычитания этого фона с использованием участков слева и справа от пика САСИ дифференциальные спектры полностью освобождаются от комptonовского распределения.

При радиоактивном распаде число наблюдаемых пиков в спектре САСИ (при данном E_f) определяются заселенностью верхних уровней при β -(α)-распаде. Спектр САСИ для ^{170}Lu показан на рис.3. Так как каскады ^{170}Yb заканчиваются в основном на уровнях 0 и 84,26 кэВ, то и пики в спектре САСИ идут парами на расстоянии 84 кэВ. Положение пар определяется интенсивно заселяемыми в β -распаде уровнями. Отсюда вытекают следующие особенности. Спектр САСИ здесь содержит много дублетов, так как в β -распаде могут интенсивно возбуждаться несколько соседних уровней.

Участки слева и справа от пика спектра САСИ образованы не

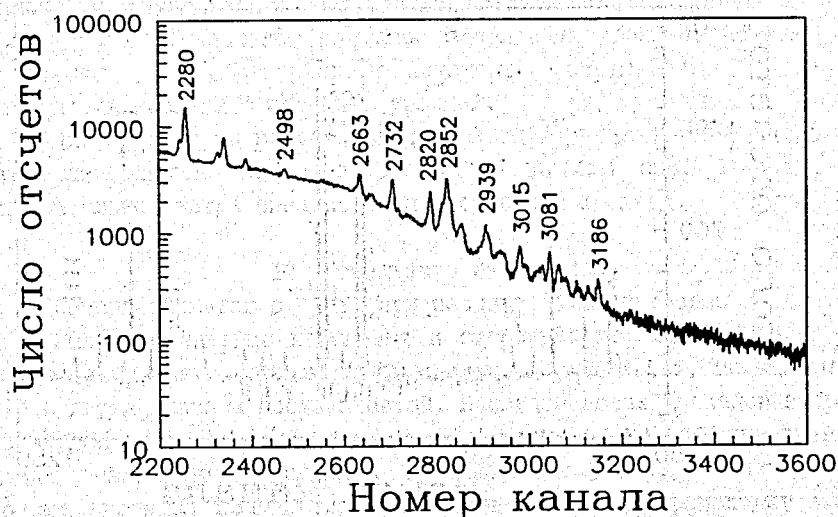


Рис.3. Спектр САСИ распада $^{170}\text{Lu} \rightarrow ^{170}\text{Yb}$.

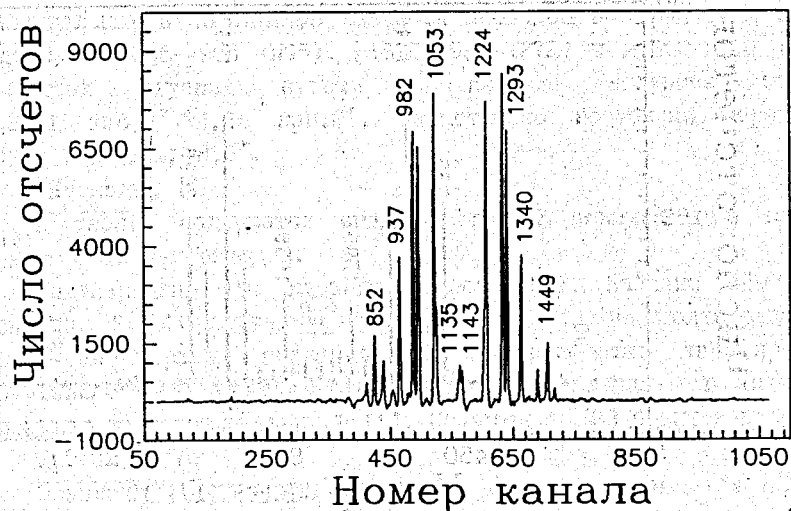


Рис.4. Дифференциальный спектр двухквантовых каскадов для суммарной энергии 2280 кэВ.

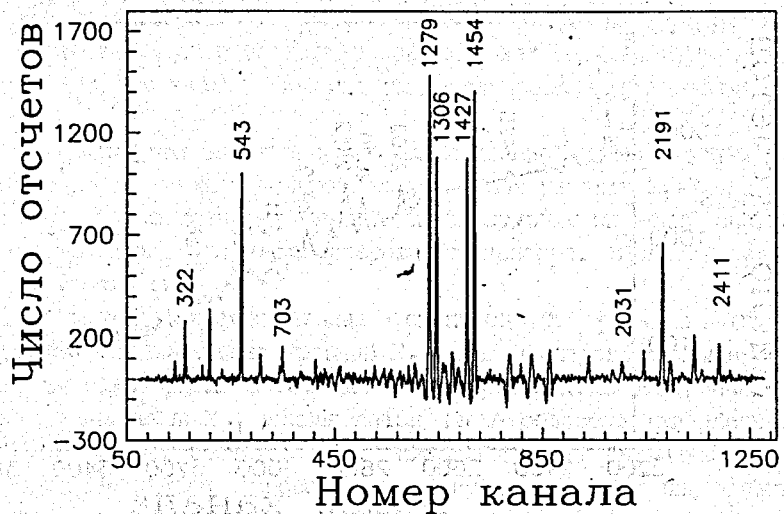


Рис.5. Дифференциальный спектр двухквантовых каскадов для суммарной энергии 2732 кэВ.

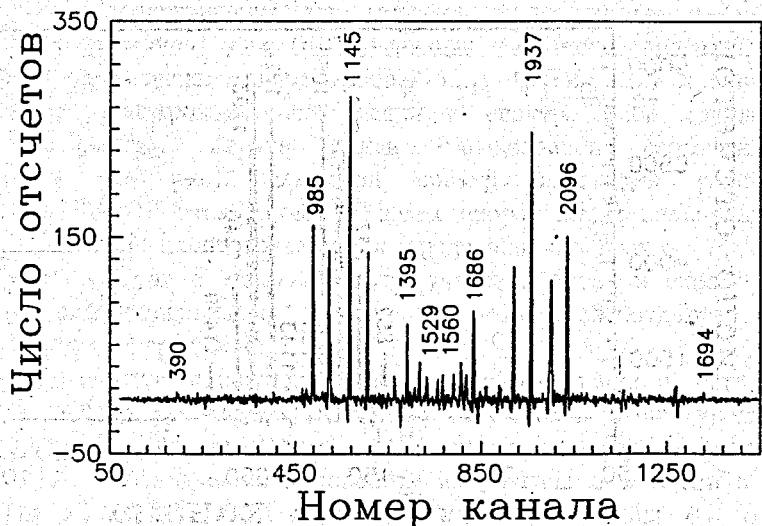


Рис.6. Дифференциальный спектр двухквантовых каскадов для суммарной энергии 3081 кэВ.

только комптоновским распределением, но и пиками полного поглощения для каскадов со слабо заселяемых уровней. Поэтому при вычитании фона образуется и некоторый "отрицательный" спектр, отражающий каскады с соседних уровней.

Для примера на рис.4 приведены 3 дифференциальных спектра при суммарной энергии каскадов 2280, 2732 и 3081 кэВ. Симметричные относительно центра спектра пики составляют каскады.

IV. Результаты измерений

Список каскадов в ^{170}Yb при распаде ^{170}Lu приведен в табл.1.

Значения энергии первичных и вторичных переходов $E_{\gamma 1}$ и $E_{\gamma 2}$ в тех случаях, когда эти каскады имеются в работе [1], приведены по [1] с двумя знаками после запятой. В случае новых каскадов энергия переходов определяется нами с погрешностью ≈ 1 кэВ и приводится с одним знаком после запятой. Во многих случаях, однако, более точные значения получаются, если новый переход происходит между известными уровнями.

Интенсивность каскадов в [1] вычислена нами по значениям интенсивности соответствующих переходов. Перевод наших $I_{\gamma\gamma}$ из относительных в абсолютные значения проведен по трем интенсивным каскадам: $\gamma 2096-\gamma 985$ (N95), $\gamma 1878-\gamma 985$ (272) и $\gamma 1860-\gamma 985$ (328). Во всех случаях вторым в каскаде является переход 1069,31 кэВ, $0^+ \rightarrow 84,26$ кэВ, 2^+ , единственно возможный переход с уровня 1069,31 кэВ, 0^+ .

Каскады

В табл.1 содержатся сведения о 497 каскадах, в которых "заняты" 413 γ -переходов.

Подтверждены 197 каскадов работы [1]. Найдено 129 новых каскадов. В 144 случаях каскады работы [1] не подтверждаются. Определены верхние значения их интенсивности, как правило, значительно меньше, чем в работе [1]. Размещен в схеме 31 γ -переход из неразмещенных в [1]. Обнаружены 133 новых γ -перехода.

Уровни ^{170}Yb

Звездочкой помечены уровни, введенные в [1] и не подтвержденные нашими результатами. Мы не видим двухквантовых каскадов с них, указанных в [1]; в табл.1 приведены верхние значения их интенсивности. Речь идет об уровнях 3384,80; 3314,26; 3301,73; 3291,52; 3268,58; 3169,32; 3160,94; 3146,20; 3123,70 и 3091,71 кэВ.

Уровень 3274,01 также не подтверждается каскадами, но обнаружены 3 новых каскада, с которыми связан новый уровень близкой энергии 3273,2 кэВ.

Точно так же вместо уровней 3179,68 и 3007,52 кэВ мы видим близкие состояния 3180,3 и 3006,9 кэВ в свете совсем других, чем в [1], каскадов.

"Интенсивный" уровень 3115,36 кэВ проявляет лишь один каскад вместо десяти в [1], и существование этого уровня ставится под вопрос. Вместе с тем в этой области мы вводим 2 новых уровня: 3113,9 и 3110,6 кэВ.

На других каскадах построен и новый уровень 3091,7 кэВ (вместо 3091,71 кэВ).

Мы видим также новые уровни 3055,4; 3013,7; 3278,6; 2864,4; 2841,7; 2779,0; 2738,8 по небольшому числу достаточно интенсивных каскадов. В каскадах, связанных с уровнями 3298,5; 2763,9 и 2656,8 кэВ, проявляются также и новые промежуточные состояния.

Мультиплеты γ -переходов. "Невидимые" γ -линии

Особенностью метода САСИ является возможность разделения компонентов γ -мультиплетов, сколь угодно близких по энергии. Разделение производится естественным образом, так как компоненты мультиплета находятся в разных каскадах.

В табл.2 приведены для примера разделенные мультиплеты. 3 γ -линии с энергией ≈ 1701 кэВ практически совпадают по энергии: 1700,76; 1700,80 и 1700,7 кэВ. В последнем столбце указано расположение триплета в схеме.

Компоненты дублета 1294,84 и 1294,74 различаются на 100 эВ и на 2 порядка по интенсивности. 2 компонента триплета 1061,35 и 1061,38 различаются по энергии на 30 эВ, на расстоянии 0,9 кэВ имеется еще один компонент. Триплет полностью разрешен.

Так же естественным образом "разрешается" дублет 1132,86 и 1133,43, неразрешенный в [1], компоненты которого значительно отличаются по интенсивности.

В работе Желепова Б.С. и Шестопаловой С.А. [4] авторы разрабатывают методику определения "невидимых" γ -линий. Настоящая работа также дает такие возможности.

В. Выводы

1. Исследование сложных схем распада, содержащих сотни γ -переходов, в настоящее время наталкивается на практически

непреодолимые трудности при использовании метода Ритца. Необходим новый принципиальный шаг в развитии техники ядерной спектроскопии, увеличение точности определения энергии переходов на порядок и более.

2. В настоящей работе показано, что применение метода совпадений с суммированием амплитуд совпадающих импульсов, развитого ранее в применении к реакциям $(n, 2\gamma)$, к исследованию схем распада радионуклидов является принципиально новым шагом в этой области исследований.

3. Преимущества метода особенно проявляются при исследовании ядер с большой энергией распада. Сюда, в частности, относятся короткоживущие ядра, которые можно исследовать только на пучках создающих их частиц.

4. При исследовании распада $^{170}\text{Lu} \rightarrow ^{170}\text{Yb}$, которому посвящено много работ высокого класса, получено, тем не менее, очень много новых результатов.

5. Следует, разумеется, подчеркнуть, что метод опирается на другие исследования и, прежде всего, на работы "прямой" γ -спектроскопии высокого класса. Примером может служить использование нами работы [1] при изучении распада ^{170}Lu .

6. Методу САСИ, как и другим разновидностям метода совпадений, свойственны недостатки, связанные прежде всего с малой эффективностью.

7. Конкретная установка, используемая в настоящей работе, дает большие возможности ее усовершенствования. Основной ее недостаток - малая эффективность. Могут быть зарегистрированы лишь каскады с интенсивностью $\geq (1-2) \cdot 10^{-4}$ распадов.

Необходимы многодетекторные установки с большим эффективным телесным углом и с антикомптоновскими устройствами. В этом случае чувствительность прибора может быть увеличена на 1-2 порядка.

Авторы признательны профессору К.Я. Громову за многочисленные и очень полезные обсуждения проблем, поднятых в настоящей работе.

Таблица 1. Двухквантовые каскады в распаде $^{170}\text{Lu} \rightarrow ^{170}\text{Yb}$

N кас- када	$E_i^{(1)}$, J^π 1)	каскад		$I_{\gamma\gamma}^{(3)}$, 10^{-4} [1]	10^{-4} расп. наст. работа	$E_M^{(4)}$, кэВ	$E_f^{(5)}$, кэВ
		$E_{\gamma 1}^{(2)}$, кэВ	$E_{\gamma 2}^{(2)}$, кэВ				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3384,80*	2315,10	985,05	3,63	<0,13	1069,31	0 ⁺ 84
2	1 ⁻	2246,80	1054,22	0,64	<0,20	1138,48	2 ⁺ 84
3		1904,60	1395,41	1,95	<0,20	1479,67	0 ⁺ 84
4		636,80	2663,83	0,55	<0,20	2747,96	1 ⁻ 84
5	3314,26*	2086,40	1144,12	2,0	<0,10	1228,38	0 ⁺ 84
6	1 ⁺	1888,80	1340,83	2,9	<0,05	1425,09	2 ⁻ 84
7		1747,75	1481,86	1,1	<0,05	1566,12	0 ⁺ 84
8		1046,60	2183,74	1,4	<0,05	2268,00	1 ⁻ 84
9		539,05	2691,22	2,0	<0,05	2775,48	1 ⁻ 84
10		384,85	2845,15	0,75	<0,40	2929,41	1 ⁻ 84
11	3301,73*	1767,06	1534,41	1,76	<0,10	1534,41	2 ⁺ 0
12	1 ⁺	1667,10	1634,70	0,53	<0,06	1634,70	2 ⁺ 0
13		1034,20	2268,05	2,08	<0,13	2268,00	1 ⁻ 0
14		901,40	2400,03	3,33	<0,10	2400,03	1 ⁻ 0
15		805,84	2496,03	0,59	<0,10	2496,03	1 ⁻ 0
16		209,90	3091,78	0,61	<0,10	3091,78	(1 ⁻) 0
17	3298,5(20)	736,9 н ⁶⁾	2561,6 п ⁷⁾	- ¹¹⁾	2,28(15)	2561,6(20)	0
18		541,0 н	2757,5 н	-	0,74(30)	2757,5(20)	0
19	3291,52*	2152,90	1054,22	1,11	<0,18	1138,48	2 ⁺ 84
20	1 ⁻	2063,04	1144,12	7,16	<0,7	1228,38	0 ⁺ 84
21		1985,50	1221,86	2,54	<0,2	1306,16	2 ⁺ 84
22		1778,80	1428,09	1,4	<0,2	1512,35	1 ⁻ 84
23		1633,30	1573,76	2,2	<0,2	1658,02	(2 ⁺) 84
24		1252,10	1955,48	0,68	<0,2	2039,74	1 ⁺ 84
25		861,80	2351,75	0,3	<0,15	2428,97	(1 ⁻) 84
26	3274,01*	1909,70	1280,15	1,31	<0,44	1364,41	1 ⁻ 84
27	1 ⁻	1761,27	1428,09	2,44	<0,22	1512,35	1 ⁻ 84
28		1234,50	1955,48	0,59	- ¹²⁾	2039,74	1 ⁺ 84
29		1158,43	2031,68	1,9	<0,1	2115,94	1 ⁻ 84

1	2	3	4	5	6	7	8
30		491,04	2698,48	0,83	<0,1	2782,74	1 ⁺ 84
31	3273,2	1793,5 н	1393,6	-	1,18(16)	1479,67	0 ⁺ 84
32		1707,1 н	1480,9	-	2,24(22)	1566,12	0 ⁺ 84
33		1638,5 н	1550,1	-	1,94(26)	1634,70	2 ⁺ 84
34	3268,58*	1962,37	1221,90	3,2	<0,1	1306,16	2 ⁺ 84
35	1 ⁻	1904,60	1280,15	1,27	<0,05	1364,41	1 ⁻ 84
36		1734,40	1450,15	0,44	<0,32	1534,41	2 ⁺ 84
37		1633,30	1550,44	4,3	<0,25	1634,70	2 ⁺ 84
38	3257,99	1893,70	1364,41	1,55	1,28(22)	1364,41	1 ⁻ 0
	1 ⁺						
39	3206,1(7)	2060,5 н	1061,7	-	1,03(22)	1145,61	2 ⁺ 84
40		1977,7 н	1143,7	-	2,40(26)	1228,38	0 ⁺ 84
41		1726,4 н	1393,7	-	0,83(19)	1479,67	0 ⁺ 84
42		1640,0 н	1482,1	-	0,99(26)	1566,12	0 ⁺ 84
43	3202,56	2057,10	1145,61	1,72	0,38(16)	1145,61	2 ⁺ 0
44	1 ⁺	2057,10	1061,35	2,06	1,2(2)	1145,61	2 ⁺ 84
45		1973,95 п	1144,3	-	6,7(7)	1228,61	0 ⁺ 84
46		1896,30	1306,16	1,39	<0,20	1306,16	2 ⁺ 0
47		1837,91	1364,41	1,53	1,54(25)	1364,41	1 ⁻ 0
48		1837,91	1280,15	2,7	2,09(35)	1364,41	1 ⁻ 84
49		1722,73	1395,7	-	2,15(40)	1479,83	0 ⁺ 84
50		1636,80	1481,88	5,26	1,08(26)	1566,31	0 ⁺ 84
51		1217,30	1901,14	20,4	1,80(30)	1985,40	2 ⁻ 84
52		1162,38	2039,94	2,04	<0,25	2039,74	1 ⁺ 0
53		1162,38	1955,28	1,07	<0,30	2039,74	1 ⁺ 84
54		1086,79	2031,68	0,75	<0,20	2115,94	1 ⁻ 84
55		983,3 н ⁸⁾	2219,3 п	-	1,35(26)	2219,3(20)	0
56		802,48	2400,03	0,37	<0,5	2400,03	1 ⁻ 0
57		802,48	2315,77	0,89	<0,20	2400,03	1 ⁻ 84
58		778,6 н	2424,0 п	-	0,67(22)	2424,0(20)	0
59		706,50	2496,03	2,3	<0,20	2496,03	1 ⁻ 0
60		706,50	2411,77	2,5	<0,30	2496,03	1 ⁻ 84
61	3195,30	2125,99 н	984,7	-	0,96(22)	1069,31	0 ⁺ 84
62	1 ⁻	2057,10	1138,48	1,7	0,42(13)	1138,48	2 ⁺ 0

1	2	3	4	5	6	7	8
63		1888,80	1306,16	0,88	0,96(13)	1306,16	2 ⁺ 0
64		1888,80	1221,86	0,23	0,67(16)	1306,16	2 ⁺ 84
65		1770,40	1340,83	0,90	0,74(13)	1425,09	2 ⁻ 84
66		1682,70	1512,35	2,3	-	1512,35	1 ⁻ 0
67		1682,70	1428,09	3,13	-	1512,35	1 ⁻ 84
68		1629,18	1480,0	-	0,87	1566,12	0 ⁺ 84
69		1155,06	2039,74	1,7	<0,13	2039,74	1 ⁺ 0
70		1155,06	1955,48	0,88	<0,10	2039,74	1 ⁺ 84
71		447,68	2747,96	2,9	<0,13	2747,96	1 ⁻ 0
72		447,68	2663,83	1,7	<0,22	2747,96	1 ⁻ 84
73	3186,45	1761,27	1341,04	3,36	<0,45	1425,09	2 ⁻ 84
74	(1,2)	1674,4	1512,35	6,7	6,09(35)	1512,35	1 ⁻ 0
75		1674,4	1428,05	9,2	9,5(7)	1512,35	1 ⁻ 84
76		1201,00 H	1901,9	-	0,60(23)	1985,40	2 ⁻ 84
77		1060,48	2125,83	11,0	16,7(8)	2125,83	1 ⁻ 0
78		1060,48	2041,64	13,0	13,2(7)	2125,83	1 ⁻ 84
79		822,57 p	2364,8	-	1,71(19)	2363,88	1 ⁻ 0
80		757,71	2428,97	2,0	<0,13	2428,97	1 ⁻ 0
81		757,71	2344,80	1,87	<0,27	2428,97	1 ⁻ 84
82	3180,3	1671,2 H	1509,1 ⁹⁾	-	1,28(16)	1671,2(20)	0
		1509,1 H	1671,2	-	-	1509,1(20)	0
83		1057,8 H	2122,5 H	-	2,28(16)	1507,8(15)	0
84	3179,68*	1667,10	1512,35	1,31	<0,5	1512,35	1 ⁻ 0
85	(1 ⁻)	1667,10	1428,09	1,82	<1,3	1512,35	1 ⁻ 84
86		1053,70	2125,83	4,97	<0,22	2125,83	1 ⁻ 0
87		1053,70	2041,57	5,9	<0,5	2125,83	1 ⁻ 84
88		404,04	2691,22	1,25	<0,3	2775,48	1 ⁻ 84
89	3169,32*	1603,80	1481,86	6,8	<0,30	1566,12	0 ⁺ 84
90	(1 ⁺)	901,40	2268,00	5,24	<0,20	2268,00	1 ⁻ 0
91		901,40	2183,74	1,10	<0,20	2268,00	1 ⁻ 84
92		879,65	2289,14	1,27	<0,15	2289,14	1 ⁺ 0
93		879,65	2204,88	1,00	<0,15	2289,14	1 ⁺ 84
94		386,45	2782,74	0,94	<0,12	2782,74	1 ⁺ 0
95		386,45	2698,48	0,55	<0,05	2782,74	1 ⁺ 84

1	2	3	4	5	6	7	8
96	3165,31	2096,30	985,05	14,0	13,9(7)	1069,31	0 ⁺ 84
97	1 ⁻	2027,20	1138,48	7,1	7,0(5)	1138,47	2 ⁺ 0
98		2027,20	1054,22	9,4	10,4(6)	1138,47	2 ⁺ 84
99		2019,70	1145,61	2,65	2,57(32)	1145,61	2 ⁺ 0
100		2019,70	1061,35	3,2	3,54(38)	1145,61	2 ⁺ 84
101		1936,80	1144,12	21,5	20,4(7)	1228,38	0 ⁺ 84
102		1859,04	1306,16	4,9	7,7(4)	1306,16	2 ⁺ 0
103		1859,04	1221,50	46,6	10,7(6)	1306,16	2 ⁺ 84
104		1859,04	1029,21	8,4	14,5(16)	1306,16	2 ⁺ 277
105		1740,40	1340,83	6,5	1,03(26)	1425,09	2 ⁻ 84
106		1685,60	1395,41	5,8	6,3(5)	1479,67	0 ⁺ 84
107		1653,20	1428,09	1,24	1,65(26)	1512,35	2 ⁺ 84
108		1630,50	1534,41	2,2	1,21(35)	1534,41	2 ⁺ 0
109		1630,50	1450,15	3,7	2,99(32)	1534,41	2 ⁺ 84
110		1630,50	1257,02	3,2	1,13(35)	1534,41	2 ⁺ 277
111		1599,15 H	1482,3	-	1,69(26)	1566,12	0 ⁺ 84
112		1530,61 HP	1550,6	-	1,47(27)	1634,70	2 ⁺ 84
113		621,0 HP	2266,6 p	-	2,24(45)	2544,3(20)	277
114	3160,94*	1932,60	1144,12	6,8	<1,9	1228,38	0 ⁺ 84
115	1 ⁻	1796,30	1280,15	1,16	<0,42	1364,41	1 ⁻ 84
116		1736,45	1340,83	3,1	<0,65	1425,09	2 ⁻ 84
117		1648,70	1428,05	0,87	<1,1	1512,35	1 ⁻ 84
118	3148,96	1920,58 H	1144,4	-	4,5(13)	1228,38	0 ⁺ 84
119	1 ⁻	1842,30	1306,16	1,25	2,32(35)	1306,16	2 ⁺ 0
120		1842,30	1221,90	1,71	5,8(6)	1306,16	2 ⁺ 84
121		1784,76	1364,41	1,44	<0,30	1364,41	1 ⁻ 0
122		1784,76	1280,15	2,56	-	1364,41	1 ⁻ 84
123		1636,80	1512,35	2,3	<0,19	1512,35	1 ⁻ 0
124		1636,80	1428,09	3,16	<0,22	1512,35	1 ⁻ 84
125		1614,70	1534,41	0,8	<0,10	1534,41	2 ⁺ 0
126		1614,70	1450,15	1,0	1,60(38)	1534,41	2 ⁺ 84
127		1513,4	1634,7	-	<0,10	1634,70	2 ⁺ 0
128		1513,26 H	1550,9	-	2,60(45)	1634,70	2 ⁺ 84
129		366,35	2782,74	2,6	<0,13	2782,74	1 ⁻ 0

1	2	3	4	5	6	7	8
130		366,35	2698,48	1,54	<0,13	2782,74	1 ⁻ 84
131	3146,20*	2007,30	1054,22	0,72	<0,10	1138,48	2 ⁺ 84
132	1 ⁺	1920,70	1141,16	7,2	<1,5	1225,26	3 ⁺ 84
133		1917,20	1144,12	2,27		1228,38	0 ⁺ 84
134		1667,10	1395,41	3,07	<0,10	1479,67	0 ⁺ 84
135		1633,30	1512,35	2,2	<0,22	1512,35	1 ⁻ 0
136		1633,30	1428,05	3,0	<0,32	1512,35	1 ⁻ 84
137		1107,10	2039,74	1,5	<0,30	2039,74	1 ⁺ 0
138		1107,10	1955,48	0,81	<0,16	2039,74	1 ⁺ 84
139		478,75	2667,20	2,37	<0,15	2667,20	1 ⁻ 0
140		478,75	2582,94	1,1	<0,13	2667,20	1 ⁻ 84
141	3140,46	1775,56	1364,41	9,4	11,8(8)	1364,41	1 ⁻ 0
142		1775,56	1280,15	16,7	20,6(13)	1364,41	1 ⁻ 84
143		1052,7 H	2087,4 H	-	1,61(37)	2087,8(15)	0
144		939,60 H	2115,4	-	1,61(37)	2200,86	1 ⁻ 84
145		865,15 P	2275,3	-	1,07(26)	2275,31	1 ⁻ 0
146		865,15	2190,4	-	1,73(32)	2275,31	1 ⁻ 84
147		711,65	2428,97	1,26	<0,10	2428,97 (1 ⁻)	0
148		711,65	2343,74	1,2	<0,25	2428,97 (1 ⁻)	84
149		479,67	2660,97	1,8	<0,40	2660,97	1 ⁺ 0
150		479,67	2576,71	0,6	<0,40	2660,97	1 ⁺ 84
151	3130,99	2061,30	985,05	1,4	1,7(6)	1069,31	0 ⁺ 84
152	1 ⁺	1992,70	1054,22	1,03	3,6(9)	1138,48	2 ⁺ 84
153		1985,50	1061,35	4,08	-	1145,61	2 ⁺ 84
154		1824,60	1221,86	1,02	<0,4	1306,16	2 ⁺ 84
155		1706,00	1340,83	3,84	4,6(5)	1425,09	2 ⁻ 84
156		1651,40	1395,41	3,02	3,9(9)	1479,67	0 ⁺ 84
157	3123,70*	834,44	2289,14	5,77	<0,12	2289,14	1 ⁺ 0
158	1 ⁻	340,90	2782,74	1,7	<0,12	2782,74	1 ⁺ 0
159	3115,36	2046,30	985,05	2,63	<0,35	1069,31	0 ⁺ 84
160	1 ⁻	1977,30	1138,48	1,38	-	1138,48	2 ⁺ 0
161		1977,30	1054,22	1,82	<0,35	1138,48	2 ⁺ 84
162		1887,00	1144,12	3,4	1,44(32)	1228,61	0 ⁺ 84
163		1603,35	1512,35	2,9	<0,77	1512,35	1 ⁻ 0

1	2	3	4	5	6	7	8
164		1603,80	1428,09	4,06	<0,16	1512,35	1 ⁻ 84
165		618,92	2496,03	2,4	<0,15	2496,03	1 ⁻ 0
166		618,92	2411,77	2,53	<0,16	2496,03	1 ⁻ 84
167		339,45	2775,48	0,13	-	2775,48	1 ⁻ 0
168		339,45	2691,22	2,65	<0,32	2775,48	1 ⁻ 84
169	3113,9(10)	1968,3 H	1144,3	-	2,3(6)	1145,61	2 ⁺ 0
170		1885,3 H	1143,0	-	1,44(32)	1228,61	0 ⁺ 84
171		1807,7 H	1305,7	-	0,89(32)	1306,16	2 ⁺ 0
172		1807,7	1220,0	-	1,47(35)	1306,16	2 ⁺ 84
173		1601,6 H	1514,0	-	0,77(22)	1512,35	1 ⁻ 0
174		986,0 H	2127,9 H	-	1,48(32)	2127,9(20)	0
175		836,0 H	2277,9 H	-	1,31(26)	2277,9(20)	0
176	3110,6(10)	1598,3	1512,3	-	0,70(15)	1512,31	1 ⁻ 0
177		1598,1 H	1427,6	-	0,48(20)	1512,31	1 ⁻ 84
178		1125,2 P	1902,0	-	1,38(22)	1985,40	2 ⁻ 84
179		835,3	2275,2	-	0,83(20)	2275,28	1 ⁻ 0
180		835,4	2191,6	-	1,22(20)	2275,28	1 ⁻ 84
181		759,1 H	2269,3	-	2,18(26)	2351,54	0 ⁻ 84
182	3099,50	2030,15	1069,31	29,0	22,0(13)	1069,31	0 ⁺ 84
183	1 ⁻	1960,84	1138,48	12,5	8,5(5)	1138,48	2 ⁺ 0
184		1960,84	1054,22	16,5	18,4(12)	1138,48	2 ⁺ 84
185		1954,00	1145,61	7,1	2,29(45)	1145,61	2 ⁺ 0
186		1954,00	1061,35	8,7	6,4(8)	1145,61	2 ⁺ 84
187		1870,89 P	1144,5	-	6,1(7)	1228,61	0 ⁺ 84
188		1793,70	1306,16	2,27	1,86(32)	1306,16	2 ⁺ 0
189		1793,70	1221,90	3,0	1,69(37)	1306,16	2 ⁺ 84
190		1674,22	1341,6	-	2,73(42)	1425,28	2 ⁻ 84
191		1619,60	1395,41	8,9	13,1(8)	1479,67	0 ⁺ 84
192		1565,08	1534,41	0,44	-	1534,41	2 ⁺ 0
193		1565,08	1450,15	0,75	6,8(8)	1534,41	2 ⁺ 84
194		1565,08	1257,02	2,04	4,8(13)	1534,41	2 ⁺ 277
195		738,4 H	2361,1 H	-	1,13(32)	2361,1(15)	0
196		620,5 H	2201,6 P	-	1,57(50)	2479,0(15)	277
197	3091,71*	965,52	2041,27	1,35	<0,26	2125,83	1 ⁻ 84

1	2	3	4	5	6	7	8
198	(1 ⁻)	802,48	2289,14	1,47	<0,11	2289,14	1 ⁺ 84
199		691,75	2315,80	0,43	<0,16	2400,03	1 ⁻ 84
200		595,70	2411,77	1,09	<0,13	2496,03	1 ⁻ 84
201	<u>3091,7(3)</u>	1866,4 H	1142,2	-	1,75(32)	1225,26	3 ⁺ 84
202	1 ⁺	1727,3 H	1279,0	-	1,06(26)	1364,41	1 ⁻ 84
203		1666,6 H	1341,1	-	1,06(26)	1425,09	2 ⁻ 84
204		1615,1 H	1392,5 ⁹⁾	-	3,40(25)	1476,6(15)	84
		1392,2 P	1615,2	-		1699,5(15)	84
205		1052,0 H	1955,9	-	5,0(5)	2039,74	1 ⁺ 84
206	3067,46	1998,30	985,05	1,8	<0,3	1069,31	0 ⁺ 84
207	1 ⁻	1761,27	1306,16	0,84	<0,1	1306,16	2 ⁺ 0
208		1761,27	1221,86	1,1	2,1(5)	1306,16	2 ⁺ 84
209		1703,24	1364,61	3,1	<0,24	1364,41	1 ⁻ 0
210		1703,24	1280,15	5,5	-	1364,41	1 ⁻ 84
211		1410,40	1573,76	5,5	<0,10	1658,02 (2 ⁺)	84
212		1082,10	1901,14	2,58	<0,36	1985,40	2 ⁻ 84
213		792,00	2275,31	3,0	<0,25	2275,31	1 ⁻ 0
214		792,00	2191,05	5,6	<0,30	2275,31	1 ⁻ 84
215		406,25	2660,97	1,47	<0,10	2660,97	1 ⁺ 0
216	3064,98	1995,58	985,05	8,2	9,9(5)	1069,31	0 ⁺ 84
217	1 ⁻	1836,60	1144,12	5,9	8,8(8)	1228,61	0 ⁺ 84
218		1758,96	1306,16	2,0	2,3(5)	1306,16	2 ⁺ 0
219		1758,96	1221,86	2,7	1,92(29)	1306,16	2 ⁺ 84
220		1700,90	1364,41	4,9	2,7(5)	1364,41	1 ⁻ 0
221		1700,90	1280,15	8,7	5,7(5)	1364,41	1 ⁻ 84
222		1552,63 H	1512,3(5)	-	0,87(20)	1512,35	1 ⁻ 0
223		1552,63	1427,0(3)	-	3,75(38)	1512,35	1 ⁻ 84
224		1530,57 H	1534,4	-	<0,10	1534,41	2 ⁺ 0
225		1530,57	1448,9(7)	-	1,12(29)	1534,41	2 ⁺ 84
226		1490,7	1481,6	3,3	1,79(26)	1566,12	0 ⁺ 84
227		939,15	2125,8	-	<0,1	2125,83	1 ⁻ 0
228		940,0	2041,4	-	1,28(32)	2125,83	1 ⁻ 84
229		863,72	2116,59	1,7	<0,32	2200,85	1 ⁻ 84
230		404,04	2660,97	0,9	<0,10	2660,97	1 ⁺ 0

1	2	3	4	5	6	7	8
231	<u>3055,4(20)</u>	1749,2 H	1307,9(5)	-	2,1(6)	1306,16	2 ⁺ 0
232		1747,4	1222,8(5)	-	0,89(25)	1306,16	2 ⁺ 84
233	<u>3013,7(15)</u>	745,7 H	2186,2(6)	-	0,80(20)	2268,00	1 ⁻ 84
234		738,4 H	2191,9(6)	-	0,94(22)	2275,31	1 ⁻ 84
235	3007,52*	1778,80	1144,12	2,45	<0,32	1228,38	0 ⁺ 84
236	(1 ⁻)	1021,50	1901,14	3,6	<0,16	1985,40	2 ⁻ 84
237	<u>3006,9(15)</u>	1700,7 H	1304,9	-	1,09(26)	1306,16	2 ⁺ 0
238		982,4 H	2024,5 HP	-	5,5(5)	2024,5(15)	0
239		738,9 H	2268,8	-	0,80(19)	2268,00	1 ⁻ 0
240	<u>2978,6(15)</u>	1614,2 H	1365,2	-	5,7(5)	1364,41	1 ⁻ 0
241		1466,3 H	1512,6	-	2,18(35)	1512,35	1 ⁻ 0
242	2975,17	1836,60	1138,48	2,54	<0,80	1138,48	2 ⁺ 0
243	1 ⁻	1836,60	1054,20	3,36	<0,22	1138,48	2 ⁺ 84
244		1746,20	1144,12	3,08	2,89(30)	1228,38	0 ⁺ 84
245		1610,65	1364,41	15,7	18,8(10)	1364,41	1 ⁻ 0
246		1610,65	1280,15	27,8	35,7(29)	1364,41	1 ⁻ 84
247		1549,8	1425,09	-	2,6(5)	1425,09	2 ⁻ 0
248		1550,08	1340,83	9,0	11,4(22)	1425,09	2 ⁻ 84
249		1463,20	1512,35	3,06	7,0(7)	1512,35	1 ⁻ 0
250		1463,20	1428,09	4,23	14,3(14)	1512,35	1 ⁻ 84
251		989,77 H	1900,2	-	2,9(8)	1985,40	2 ⁻ 84
252		859,48	2115,94	5,4	0,87(22)	2115,94	1 ⁻ 0
253		859,48	2031,68	5,43	9,0(9)	2115,94	1 ⁻ 84
254	2969,36	1740,98 H	1145,0	-	6,7(13)	1228,38	0 ⁺ 84
255	1 ⁻	1662,80	1306,16	1,6	1,35(35)	1306,16	2 ⁺ 0
256		1662,80	1221,90	1,66	1,28(20)	1306,16	2 ⁺ 84
257		1604,95 H	1362,6(3)	-	5,0(7)	1364,41	1 ⁻ 84
258		1457,12	1512,35	7,2	8,3(10)	1512,35	1 ⁻ 0
259		1457,12	1428,09	10,0	9,6(9)	1512,35	1 ⁻ 84
260	2965,51	1896,30	985,05	5,57	<2,2	1069,31	0 ⁺ 84
261	1 ⁺	1736,45	1144,12	3,9	1,92(21)	1228,38	0 ⁺ 84
262		1659,90	1029,21	0,83	5,1(10)	1306,16	2 ⁺ 277
263		1607,2 H	1274,0 ⁹⁾	-	1,16(21)	1358,3(15)	84
		1273,6 H	1607,6	-		1691,9(15)	84

1	2	3	4	5	6	7	8
264		1601,20	1364,41	4,25	4,2(5)	1364,41 1 ⁻	0
265		1601,20	1280,15	7,55	-	1364,41 1 ⁻	84
266		1540,40	1340,83	6,9	<0,85	1425,09 2 ⁻	84
267		1330,60	1634,70	0,61	<0,3	1634,70 2 ⁺	0
268		1330,60	1550,44	3,0	<0,3	1634,70 2 ⁺	84
269		812,1	2154,8	-	<0,30	2154,8(15)	0
270		810,7 H	2070,5	-	<0,10	2154,8(15)	84
271		810,7	1877,4	-	2,5(11)	2154,8(15)	277
272	2956,56	1048,8 H	1630,4 H	-	3,6(10)	1907,8(15)	277
	1 ⁻						
273	2947,70	1878,46	985,05	55,7	56,3(28)	1069,31 0 ⁺	84
274	1 ⁻	1809,23	1138,48	33,5	28,8(14)	1138,48 2 ⁺	0
275		1809,23	1054,22	44,5	48,0(24)	1138,48 2 ⁺	84
276		1802,17	1145,61	7,0	6,0(8)	1145,61 2 ⁺	0
277		1802,17	1061,35	8,4	10,9(13)	1145,61 2 ⁺	84
278		1719,06	1144,12	14,7	15,8(15)	1228,38 0 ⁺	84
279		1641,23	1306,16	7,8	8,9(8)	1306,16 2 ⁺	0
280		1641,23	1221,86	10,3	11,5(10)	1306,16 2 ⁺	84
281		1641,23	1029,21	10,0	13,3(12)	1306,16 2 ⁺	277
282		1583,30	1364,41	2,12	-	1364,41 1 ⁻	0
283		1583,30	1280,15	3,77	-	1364,41 1 ⁻	84
284		1467,93	1395,41	8,9	18,0(22)	1479,67 0 ⁺	84
285		1435,48	1512,35	10,5	10,2(12)	1512,35 1 ⁻	0
286		1435,48	1428,09	14,4	17,4(27)	1512,35 1 ⁻	84
287		1413,17	1534,41	4,8	5,9(8)	1534,41 2 ⁺	0
288		1413,17	1450,15	8,2	11,3(19)	1534,41 2 ⁺	84
289		1381,35 H	1483,811	-	3,54(12)	1566,31 0 ⁺	84
290		1362,2 H	1308,1 ⁹⁾	-	2,9(10)	1585,5(15)	277
		1307,0 H	1363,3	-	-	1640,7(15)	277
291		1313,03	1634,70	0,76	1,44(42)	1634,70 2 ⁺	0
292		1313,03	1550,99	3,74	9,4(12)	1634,70 2 ⁺	84
293		1104,5	1843,2 p	-	1,25(32)	1843,2(20)	0
294		908,01 H	2041,0	-	2,2(6)	2039,69 1 ⁺	0
295		901,2 H	1963,3	-	2,1(8)	2046,5(20)	84

1	2	3	4	5	6	7	8
296		831,74 H	2031,1	-	2,21(38)	2115,96 1 ⁻	84
297		807,6 H	2055,8	-	1,10(30)	2140,1(20)	84
298		746,85	2200,85	0,22	-	2200,85 1 ⁻	0
299		746,85	2116,59	1,99	<0,16	2200,85 1 ⁻	84
300	2939,56	1714,40	1141,00	1,37	-	1225,26 3 ⁺	84
301	1 ⁻	1633,30	1221,86	1,35	<0,30	1306,12 2 ⁺	84
302		1575,00	1364,41	1,83	11,1(7)	1364,41 1 ⁻	0
303		1575,00	1280,15	3,25	12,2(8)	1364,41 1 ⁻	84
304		1514,3	1428,0	-	3,1(5)	1425,09 2 ⁻	0
305		1514,28	1340,83	44,2	57(7)	1425,09 2 ⁻	84
306		1514,3	1146,2	-	4,2(4)	1425,09 2 ⁻	277
307		1459,83	1395,41	104	141(10)	1479,83 0 ⁺	84
308		1427,26	1512,35	13,9	5,3(7)	1512,35 1 ⁻	0
309		1427,26	1428,09	19,1	17,7(29)	1512,35 1 ⁻	84
310		1405,16	1534,41	55,0	21,8(10)	1534,41 2 ⁺	0
311		1405,16	1450,15	95	97(9)	1534,41 2 ⁺	84
312		1405,16	1257,24	84,5	64(6)	1534,41 2 ⁺	277
313		1373,50	1481,86	16,3	10,0(9)	1566,12 0 ⁺	84
314		1304,85	1634,70	1,7	1,45(41)	1634,70 2 ⁺	0
315		1304,85	1550,44	8,3	10,0(10)	1634,70 2 ⁺	84
316		1025,8 H	1636,4	-	3,4(6)	1913,8(15)	277
317		954,16	1985,3	-	0,83(20)	1985,40 2 ⁻	0
318		954,49	1901,14	22,7	27,8(23)	1985,40 2 ⁻	84
319		954,3	1708,1	-	<0,16	1985,40 2 ⁻	277
320		892,4	1962,9 H	-	4,6(10)	2047,2(20)	84
321		813,61	2125,83	1,8	<0,30	2125,83 1 ⁻	0
322		813,61	2041,57	2,13	<0,90	2125,83 1 ⁻	84
323		791,6 HP	2063,7HP	-	5,0(12)	2148,0(20)	84
324		711,1 H	2144,2 H	-	4,2(8)	2228,5(20)	84
325		706,3 P	2149,0 P	-	5,1(9)	2233,3(20)	84
326		610,7 H	2244,6 P	-	2,4(6)	2328,9(20)	84
327		443,4	2496,03	1,35	<0,30	2496,03 1 ⁻	0
328		443,4	2411,77	1,44	<0,11	2496,03 1 ⁻	84
329	2929,41	1860,30	985,05	54,8	54,5(23)	1069,31 0 ⁺	84

1	2	3	4	5	6	7	8
330	1 ⁻	1791,70	1138,48	1,52	<0,16	1138,48 2 ⁺	0
331		1791,70	1054,22	2,01	<0,30	1138,48 2 ⁺	84
332		1783,30	1145,61	3,28	<1,1	1145,61 2 ⁺	0
333		1783,30	1061,35	1,29	<0,65	1145,61 2 ⁺	84
334		1700,80 H	1144,6	-	8,9(12)	1228,61 2 ⁺	84
335		1564,30	1364,41	3,3	3,9(6)	1364,41 1 ⁻	0
336		1564,30	1280,15	5,8	7,8(5)	1364,41 1 ⁻	84
337		1527,8 H	1401,6 ⁹⁾	-	2,1(5)	1401,6(15)	0
		1401,3 H	1528,1	-		1528,1(15)	0
338		1503,80	1340,83	0,73	7,8(16)	1425,09 2 ⁻	84
339		1457,6 H	1387,5 ⁹⁾	-	9,9(8)	1471,8(15)	84
		1386,8 p	1458,3	-		1542,6(15)	84
340		1449,64	1395,41	13,3	40,8(35)	1479,67 0 ⁺	84
341		1395,03	1450,15	15,2		1534,41 2 ⁺	84
342		1395,03	1534,41	8,8	4,8(6)	1534,41 2 ⁺	0
343		1294,74	1634,70	0,77	<0,10	1634,70 2 ⁺	0
344		1294,74	1550,44	3,74	6,6(14)	1634,70 2 ⁺	84
345		1271,35 H	1574,0	-	2,4(7)	1658,02 (2 ⁺)	84
346		1136,5 H	1708,6 p	-	2,4(9)	1792,9(15)	84
347		983,0 H	1669,0 H	-	5,1(14)	1946,4(15)	277
348		955,2 p	1889,9 H	-	5,6(9)	1974,2(15)	84
349		944,01H	1899,9	-	2,2(6)	1985,40 2 ⁻	84
350		813,61	2115,94	0,39	-	2115,94 1 ⁻	0
351		813,61	2031,68	3,8	3,7(7)	2115,94 1 ⁻	84
352		728,85	2116,59	2,82	1,0	2200,85 1 ⁻	84
353		695,8 H	1956,2 H	-	1,19(45)	2233,6(20)	277
354		239,1 H	2606,0 H	-	1,02(20)	2690,3(15)	84
355	2864,4(15)	1639,1 H	1141,9	-	4,2(12)	1225,26 3 ⁺	84
356		738,6 H	2126,3	-	5,7(6)	2125,83 1 ⁻	0
357	2841,7(15)	1329,4 H	1511,0	-	5,6(14)	1512,35 1 ⁻	0
358		1307,2 H	1534,6	-	3,2(9)	1534,41 2 ⁺	0
359	2819,61	1455,17	1364,41	41,8	101(8)	1364,41 1 ⁻	0
360	0 ⁻	1455,17	1280,15	74,2	152(10)	1364,41 1 ⁻	84
361		1307,51	1512,35	4,96	82(6)	1512,35 1 ⁻	0

1	2	3	4	5	6	7	8
362		1307,51	1428,09	6,84	93(8)	1512,35 1 ⁻	84
363		779,92 H	2040,1	-	2,9(9)	2039,69 1 ⁺	0
364		779,3 H	1954,1	-	1,2(4)	2039,69 1 ⁺	84
365		703,88	2115,94	0,29	1,9(6)	2115,94 1 ⁻	0
366		703,88	2031,68	2,95	11,2(22)	2115,94 1 ⁻	84
367		693,56	2125,83	1,08	2,6(7)	2125,83 1 ⁻	0
368		693,56	2041,27	1,27	3,5(8)	2125,83 1 ⁻	84
369		618,92	2200,85	0,54	-	2200,85 1 ⁻	0
370		618,92	2116,59	4,9	9,3(12)	2200,85 1 ⁻	84
371		544,26	2275,31	24,6	48,0(22)	2275,31 1 ⁻	0
372		544,26	2191,05	45,0	66,5(34)	2275,31 1 ⁻	84
373		530,48	2289,14	5,38	4,3(8)	2289,14 1 ⁺	0
374		530,48	2204,90	4,22	<0,40	2289,14 1 ⁺	84
375		468,07 H	2267,9	-	2,0(6)	2351,54 0 ⁻	84
376		419,66	2400,03	26,5	41,6(23)	2400,03 1 ⁻	0
377		419,66	2315,80	13,5	16,7(16)	2400,03 1 ⁻	84
378		390,64 H	2429,5	-	3,8(5)	2428,97 (1 ⁻)	0
379		323,58	2496,03	12,2	12,1(8)	2496,03 1 ⁻	0
380		323,58	2411,77	13,0	9,9(11)	2496,03 1 ⁻	84
381		283,05	2536,88	0,89	1,35(35)	2536,88 1 ⁻	0
382		283,05	2452,62	1,92	2,8(5)	2536,88 1 ⁻	84
383	2782,74	1714,40	985,05	1,8	-	1069,31 0 ⁺	84
384	1 ⁺	1636,80	1145,61	2,35	5,7(12)	1145,61 2 ⁺	0
385		1636,80	1061,35	3,03	-	1145,61 2 ⁺	84
386		1418,48	1364,41	1,14	2,7(10)	1364,41 1 ⁻	0
387		1418,48	1280,15	2,03	-	1364,41 1 ⁻	84
388		656,65	2125,83	0,58	<0,16	2125,83 1 ⁻	0
389		656,65	2041,27	0,68	-	2125,83 1 ⁻	84
390		241,5 H	2543,8	-	0,88(30)	2541,21(20)	0
391		241,5	2454,5	-	0,61(19)	2541,2(20)	84
392		234,0 H	2464,7 H	-	0,48(19)	2548,7(25)	84
393	2779,0(15)	738,3 H	2040,7	-	10,0(9)	2039,74 1 ⁺	0
394	2775,48	1469,10	1306,16	1,82	4,7(17)	1306,16 2 ⁺	0
395	1 ⁻	1469,10	1221,86	2,37	3,1(12)	1306,16 2 ⁺	84

1	2	3	4	5	6	7	8
396		1407,9 H	1283,3 ⁹⁾	-	17,1(22)	1367,6(15)	84
		1283,9 H	1407,3			1491,6(15)	84
397		1350,39	1340,83	4,64	4,2(10)	1425,09 2 ⁻	84
398		1263,21	1512,35	13,1	11,3(22)	1512,35 1 ⁻	0
399		1263,21	1428,09	18,1	37(6)	1512,35 1 ⁻	84
400		790,08 H	1900,1	-	3,0(6)	1985,40 2 ⁻	84
401		659,70	2031,68	1,02	<0,4	2115,94 1 ⁻	84
402		649,65	2125,83	2,02	1,6(6)	2125,83 1 ⁻	0
403		649,65	2041,27	2,38	<0,60	2125,83 1 ⁻	84
404		252,46 H	2439,8	-	2,0(10)	2523,02 1 ⁺	84
405		238,60 H	2535,8 p	-	1,2(3)	2536,88 1 ⁻	0
406		238,60 H	2452,7 p	-	2,9(10)	2536,88 1 ⁻	84
407		184,6 H	2313,5 H	-	1,9(8)	2590,9(25)	277
408	2768,24	1404,28	1364,41	7,34	4,9(9)	1364,41 1 ⁻	0
409	(2 ⁻)	1404,28	1280,15	13,1	16,9(20)	1364,41 1 ⁻	84
410		1255,8 p	1427,0	-	6,7(16)	1512,35 1 ⁻	84
411		244,8 H	2525,1	-	0,67(21)	2523,02 1 ⁺	0
412		244,8	2439,0	-	<0,1	2523,01 1 ⁺	84
413	2763,9(15)	888,6 H	1875,8 p	-	1,13(48)	1875,8(15)	0
414		736,5 H	2026,8 p	-	2,2(6)	2026,8(15)	0
415	2747,96	1678,53	985,05	22,7	13,9(15)	1069,31 0 ⁺	84
416	1 ⁻	1609,40	1138,45	9,4	8,5(11)	1138,48 2 ⁺	0
417		1609,40	1054,22	14,2	9,4(16)	1138,48 2 ⁺	84
418		1602,20	1145,61	4,5	5,4(18)	1145,61 2 ⁺	0
419		1602,20	1061,35	5,5	6,7(7)	1145,61 2 ⁺	84
420		1518,80	1144,12	5,9	3,9(8)	1228,38 0 ⁺	84
421		1383,43	1364,41	6,8	9,4(19)	1364,41 1 ⁻	0
422		1383,43	1280,15	12,2	12,6(20)	1364,41 1 ⁻	84
423		1323,01	1340,83	14,2	6,5(16)	1425,09 2 ⁻	84
424		1268,30	1395,41	11,6	7,3(9)	1479,67 0 ⁺	84
425		1235,80	1512,35	9,7	10,4(16)	1512,35 1 ⁻	0
426		1235,80	1428,09	13,4	9,4(14)	1512,35 1 ⁻	84
427		1213,59	1534,41	1,12	<0,50	1534,41 2 ⁺	0
428		1213,59	1450,13	1,92	-	1534,41 2 ⁺	84

1	2	3	4	5	6	7	8
429		1181,50	1481,86	4,4	3,4(9)	1566,12 0 ⁺	84
430		1113,10	1634,70	1,73	<0,9	1634,70 2 ⁺	0
431		1113,10	1550,44	8,5	5,3(8)	1634,70 2 ⁺	84
432		813,8 H	1934,2 HP	-	0,93(38)	1934,2(20)	0
433		762,54	1901,14	2,84	2,7(4)	1985,40 2 ⁻	84
434		708,10 H	2039,9	-	<0,12	2039,86 1 ⁺	0
435		708,10	1956,4	-	2,3(4)	2039,86 1 ⁺	84
436		547,28	2116,59	2,56	2,56(32)	2200,85 2 ⁺	84
437		235,8 H	2512,2 H	-	1,15(3)	2512,2(25)	0
438		224,9 H	2523,7	-	0,59(18)	2523,02 1 ⁺	0
439	2738,8(20)	1511,6 H	1142,9	-	5,5(16)	1228,38 0 ⁺	84
440	2667,20	1529,00	1138,48	3,01	-	1138,48 2 ⁺	0
441	1 ⁻	1521,48	1145,61	1,59	0,9(3)	1145,61 2 ⁺	0
442		1361,10	1306,16	2,26	1,1(3)	1306,16 2 ⁺	0
443		1132,86	1534,41	1,46	3,4(8)	1534,49 2 ⁺	0
444	2656,8(15)	1255,4 p	1401,4 H	-	26,9(29)	1401,4(15)	0
445		1392,4 p	1264,4 ⁹⁾	-	3,8(6)	1264,4(20)	0
		1264,5 H	1392,3	-		1392,3(18)	0
446	2497,91	1133,43	1364,41	37,4	75(7)	1364,41 1 ⁻	0
447	(0 ⁻)	1133,43	1280,15	67	131(9)	1364,41 1 ⁻	84
448		382,35	2031,48	5,88	<0,65	2115,94 1 ⁻	84
449		371,90	2125,83	1,47	2,4(8)	2125,83 1 ⁻	0
450	2496,03	1426,72	985,05	45,0	39,4(50)	1069,31 0 ⁺	84
451	1 ⁻	983,67	1428,09	18,4		1512,35 1 ⁻	0
452		983,67	1512,35	13,3	14,4(22)	1512,35 1 ⁻	84
453		1071,00	1340,83	4,24	<1,3	1425,09 2 ⁻	84
454		369,80	2125,83	1,24	1,9(7)	2125,83 1 ⁻	0
455	2436,01	1211,20	1141,00	2,75	4,4(6)	1225,26 3 ⁺	84
456	(2,3) ⁻	901,40	1450,15	2,52	-	1534,41 2 ⁺	84
457		801,25	1550,44	3,0	<1,0	1634,70 2 ⁺	84
458		235,55	2116,59	3,4	<0,65	2200,85 1 ⁻	84
459	2428,97	1290,90	1054,22	4,9	6,9(15)	1138,48 2 ⁺	84
460	1 ⁻	949,30 H	1395,4	-	3,2(18)	1479,67 0 ⁺	84
461		916,46	1428,09	5,8	-	1512,35 1 ⁻	84

1	2	3	4	5	6	7	8
462	2367,48	1061,35	1306,16	4,54	-	1306,16	2 ⁺ 0
463	(0 ⁻)	1061,35	1221,86	5,9	8,2(2)	1306,16	2 ⁺ 84
464		1003,17	1364,41	126	195(15)	1364,41	1 ⁻ 0
465		1003,17	1280,15	285	269(12)	1364,41	1 ⁻ 84
466		942,34	1340,83	17,0	21(7)	1425,30	2 ⁻ 84
467		855,17	1512,35	42	60(3)	1512,35	1 ⁻ 0
468		855,17	1428,09	57	100(7)	1512,35	1 ⁻ 84
469		381,6 н	1900,4	-	7,1(8)	1985,40	2 ⁻ 84
470		241,50	2125,83	13,1	10,2(12)	2125,83	1 ⁻ 0
471		241,50	2041,27	15,4	9,2(10)	2125,83	1 ⁻ 84
472	2363,88	1294,64	985,05	288	+	1069,31	0 ⁺ 84
473	1 ⁻	1225,50	1138,48	211	+	1138,48	2 ⁺ 0
474		1225,50	1054,22	385	+	1138,48	2 ⁺ 84
475		1218,42	1145,61	60	+	1145,61	2 ⁺ 0
476		1218,42	1061,35	73	+	1145,61	2 ⁺ 84
477		1057,70	1221,86	5,6	-	1306,16	2 ⁺ 84
478		1057,70	1306,16	4,3	-	1306,16	2 ⁺ 0
479		1135,10	1144,12	10,0	+	1228,38	0 ⁺ 84
480		999,53	1364,41	55	+	1364,41	1 ⁻ 0
481		999,53	1280,15	99	+	1364,41	1 ⁻ 84
482		966,84	1312,65	9,3	-	1396,91	3 ⁻ 84
483		938,69	1340,83	128	+	1425,09	2 ⁻ 84
484		884,16	1391,41	34	+	1479,67	0 ⁺ 84
485		851,50	1512,85	3,4	+	1512,85	1 ⁻ 0
486		851,50	1428,09	4,7	+	1512,85	1 ⁻ 84
487		829,26	1534,41	10,6	+	1534,41	2 ⁺ 0
488		829,26	1450,15	18,2	24,0(46)	1534,41	2 ⁺ 84
489		321,3 н	2042,3	-	5	2039,69	1 ⁺ 0
490		238,25	2125,83	0,9	+	2125,83	1 ⁻ 0
491	2351,54	987,17	1364,41	60	+	1364,41	1 ⁻ 0
492	0 ⁻	987,17	1280,15	107	+	1364,41	1 ⁻ 84
493		935,0 н	1332,2 н	-	10	1416,5(20)	84
494		926,37	1340,83	21	+	1425,09	2 ⁻ 84
495		839,24	1512,35	30,1	+	1512,35	1 ⁻ 0

1	2	3	4	5	6	7	8
496		839,24	1428,09	36,7	+	1512,35	1 ⁻ 84
497		366,35	1901,14	2,9	+	1985,40	2 ⁻ 84

Примечания к табл. 1.

1. Значения E_i и J^p взяты из [1]. Наши значения подчеркнуты.
2. Значения $E_{\gamma 1}$ и $E_{\gamma 2}$ каскадов приводятся из [1] с двумя знаками после запятой. При отсутствии каскада в [1] приводятся наши значения с одним знаком после запятой (погрешность порядка 1 кэВ). Значения $E_{\gamma 1}$ для новых переходов уточнены по соотношению $E_{\gamma 1} = E_i - E_M$.
3. Интенсивность каскадов из [1] рассчитана по приведенным там значениям интенсивности γ -линий. Наши значения интенсивности $I_{\gamma\gamma}$ приведены к абсолютным значениям по трем каскадам NN 95, 272 и 328, имеющим в качестве промежуточного уровень $E_M = 1069,31$ кэВ, 0^+ , распадающийся единственным γ -переходом в состояние 84,26 кэВ, 2^+ . "+" - каскады зарегистрированы, но их интенсивность не определялась из-за фоновых условий.
4. Значения E_M по нашим данным - с одним знаком после запятой.
5. Значения E_f написаны для краткости условно. Точные значения и J^p составляют: 0 ; 0^+ (0); 84,26; 2^+ (84) и 277,39; 4^+ (277).
6. н - новая γ -линия.
7. р - γ -линия имеется в [1], но не размещена в схеме.
8. нр - новое размещение имеющегося в [1] перехода.
* - уровень, вероятно, не существует.
9. Порядок переходов в каскаде неизвестен: возможны два варианта переходов и промежуточного уровня.
10. Приведены каскады по [1] с $I_{\gamma\gamma} \geq 0,5 \cdot 10^{-4}$ расп., кроме распадов типа $\gamma E_{\gamma 1} \rightarrow 84$, которые не регистрировались в наших опытах.
11. В [1] каскад отсутствует.
12. Мы не можем наблюдать переход либо из-за малой интенсивности, либо из-за фоновых условий.

Таблица 2. Некоторые мультиплеты γ -переходов в ^{170}Yb

E_γ , кэВ		I_γ , 10^{-4} расп.		$E_i \rightarrow E_f$, кэВ	
[1]	наст. раб.	[1]	наст. раб.	[1]	наст. раб.
1	2	3	4	5	6
1842,30	1842,30	5,2	8,1	3149+1306	3149+1306
1843,30	1843,2	11,8	1,25	---	1843+ 0
---	1807,7	---	2,5	---	3114+1306
1809,23	1809,23	78	77	2948+1138	2948+1138
1706,00	1706,00	4,8	4,6	3131+1425	3131+1425
---	1707,1	---	2,24	---	3273+1566
---	1708,6	---	2,4	---	1793+ 84
1700,76	1700,76	13,6	8,4	3065+1364	3065+1364
---	1700,80	---	8,9	---	2929+1228
---	1700,7	---	1,1	---	3007+1306
1674,11	1674,11	15,9	15,6	3186+1512	3186+1512
---	1674,22	---	2,73	---	3099+1425
---	1629,18	---	0,87	---	3195+1566
---	1630,4	---	3,6	---	1907,8+277
1630,50	1630,50	10,0	9,1	3165+1534	3165+1534
---	1509,1	---	1,28	---	3180+1671 (1509+ 0)
---	1511,6	---	5,5	---	2739+1228
1512,40	1512,40	251	*	1512+ 0	1512+ 0
---	1514,26	---	2,6	---	3149+1634
1514,47	1514,47	55,3	61	2940+1425	2940+1425
1294,64]	1294,64	288]	+	2364+1609	2364+1069
1294,74]	1294,74	4,5]	6,6	2929+1635	2929+1635
---	1271,35	---	2,4	---	2929+1658
---	1273,6	---	1,00	---	2966+1692 (1358+84)
1132,86]	1132,86	6,8]	3,4	2667+1534	2667+1534
1133,43]	1133,43	104]	+	2498+1364	2498+1364

1	2	3	4	5	6
1060,48	1060,48	24,9	29,9	3186+2126	3186+2126
1061,35]	1061,35	22,7	8,2**	2367+1306	2367+1306
1061,38]	1061,38	213	*	1146+ 84	1146+ 84
938,69	938,69	159,5	+	2364+1425	2364+1425
---	939,15	---	1,28	---	3064+2126
---	939,60	---	1,67	---	3140+2200
942,34	942,34	17	21	2367	1425

Примечания к табл.2.

* - Нижний переход, интенсивность распределена по каскадам, помещенным в табл.1.

** - Часть интенсивности, связанная с каскадом 2367+1306+84.

Литература

1. Джелепов Б.С., Тер-Нерсисянц В.Е., Шестопалова С.А. Схемы распада радиоактивных ядер $A=169,170$. Издательство "Наука". Ленинград. 1988.
2. Бонева С.Т. и др., ЭЧАЯ, 1991, т.22, с.789.
3. Суховой А.М., Хитров В.А. ПТЭ, 1984, т.5, с.27.
4. Джелепов Б.С., Шестопалова С.А. Изв. АН СССР, Сер. физ., 1992, т.56, с.2.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 декабря 1991 года.