

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

С 341.17

13-84-428

4470/84

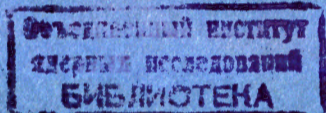
А.А.Жильцов\*, В.А.Морозов, В.И.Разов\*,  
В.И.Стегайлов, В.Таньска-Крупа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЖИЗНИ  
ИЗОМЕРНЫХ СОСТОЯНИЙ В  $^{172}\text{Yb}$  И  $^{181}\text{Ta}$   
ОДНОКРИСТАЛЛЬНЫМ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМ  
ВРЕМЕННЫМ СПЕКТРОМЕТРОМ

Направлено в журнал  
"Приборы и техника эксперимента"

\* Дальневосточный государственный университет  
им.Суханова, Владивосток

1984





Метод однокристалльной временной спектрометрии является одним из вариантов метода задержанных совпадений, позволяющего при использовании сцинтиллятора и одного фотоумножителя реализовать  $4\pi$ -геометрию, что существенно повышает эффективность регистрации излучений, заселяющих и разряжающих изомерное состояние в ядре. В <sup>1,2/</sup> было показано, что при помощи однокристалльного сцинтилляционного временного спектрометра /ОСВС/ можно проводить измерения периодов полураспада изомерных состояний в диапазоне от 60 до 700 нс.

В данной работе показано, что методом ОСВС столь же эффективно можно проводить измерения времени жизни возбужденных состояний в наносекундном диапазоне при использовании сцинтилляторов с малым временем высвечивания и временных фотоумножителей.

## ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Блок-схема ОСВС и временная последовательность импульсов представлены на рис.1. В установке использовались блоки быстрой наносекундной электроники, разработанные в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ <sup>3/</sup>, фотоумножитель XP-1020 и сцинтиллятор NE-104  $\phi 40 \times 40$  мм с колодцем. Радиоактивные источники  $^{172}\text{Lu}$  и  $^{181}\text{Hf}$  помещались в колодец. Низкоэнергетическая часть регистрируемого излучения выделялась с помощью дифференциального дискриминатора  $DD(D_1 + D_2 + AC)$  и соответствовала зарядке изомерного уровня. Интегральный дискриминатор  $D_3$  выделял высокоэнергетическую часть излучения, которая соответствовала разрядке изомерного уровня.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Нами измерены периоды полураспада возбужденных состояний в  $^{172}\text{Yb}$  и  $^{181}\text{Ta}$  с энергией 1172,3 и 482,2 кэВ соответственно. Полученные результаты представлены на рис.2 и в табл.1. На рисунках видно, что кривая совпадений помимо задержанной части имеет также мгновенную часть, которая обусловлена некоторым перекрытием порогов дифференциального и интегрального дискриминаторов. С целью контроля аппаратурного разрешения ОСВС был измерен спектр совпадений на источнике  $^{60}\text{Co}$  в тех же условиях /рис.2а/. Данные, приведенные в табл.1, свидетельствуют о хорошем согласии полученных значений периода полураспада с ранее известными данными.



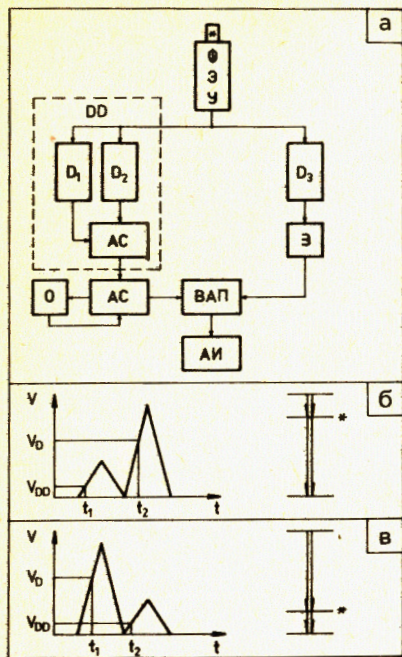


Рис.1. а - Блок-схема ОСВС: DD - дискриминатор, О - одновибратор, АС - схема антисовпадений, ВАП - время-амплитудный преобразователь, З - задержка, АИ - анализатор импульсов; б, в - временная последовательность импульсов разных амплитуд.

Рис.2. а - Период полураспада состояния 1172,3 кэВ в  $^{172}\text{Lu}$  /цена канала  $\Delta t_k = 0,64$  нс/канал/. б - Период полураспада состояния 482,2 кэВ в  $^{181}\text{Tl}$  /цена канала  $\Delta t_k = 0,24$  нс/канал/.

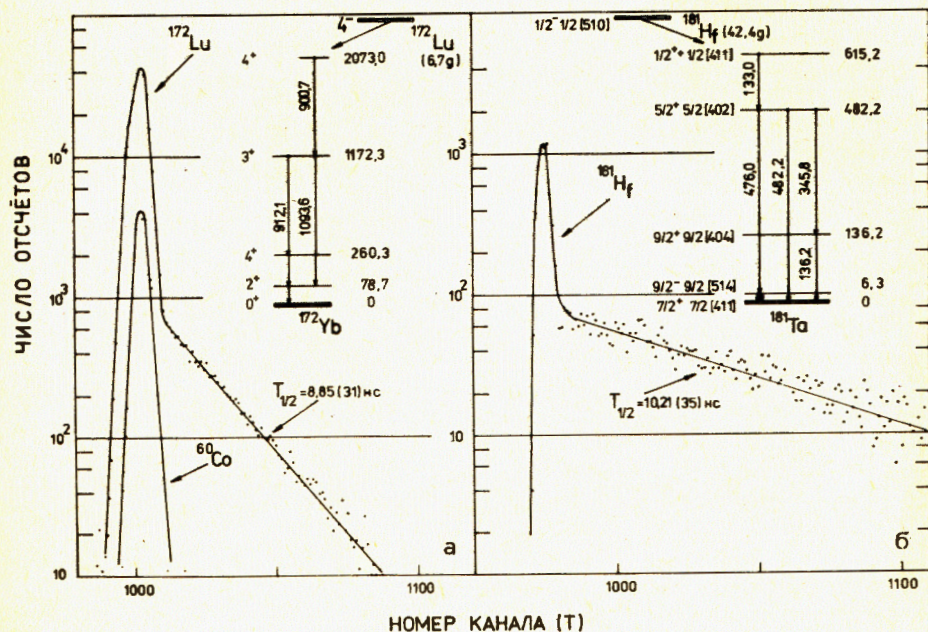


Таблица 1

Периоды полураспада некоторых возбужденных состояний в  $^{172}\text{Lu}$  и  $^{181}\text{Tl}$ .

	$E_{ур}$ , кэВ	$T_{1/2}$ , (нс)* /наст. работа/	$T_{1/2}$ , (нс)
$^{172}\text{Lu}$	1172,3	8,85 (31)	8,14 (22) <sup>/4/</sup>
$^{181}\text{Tl}$	482,2	10,21 (35)	10,67 (5) <sup>/5/</sup>

\* Запись 8,85(31) означает  $8,85 \pm 0,31$ .

### ОГРАНИЧЕНИЯ МЕТОДА ОСВС НА ВЕЛИЧИНУ ИЗМЕРЯЕМОГО ПЕРИОДА ПОЛУРАСПАДА

Ограничения метода ОСВС при данной постановке опыта /рис.1а/ непосредственно связаны с длительностью анализируемого импульса и возможностью анализа временного интервала  $\Delta t$  между моментами срабатывания нижнего порога  $V_{DD}$  дифференциального дискриминатора и порогом  $V_D$  интегрального дискриминатора\*. Очевидно, что в случае, представленном на рис.1б, корректное определение периода полураспада возможно только при полном разделении во времени импульсов, связанных с заселением и разрядкой изомерного состояния. При наложении переднего фронта последующего импульса на задний фронт предыдущего измерения также возможны, но ошибка в определении  $T_{1/2}$  будет зависеть от максимальной энергии излучения, разряжающего изомерный уровень, и от уровня порога  $V_D$ .

В случае, представленном на рис.2в, при использовании дифференциального дискриминатора, выделяющего низкоэнергетическое излучение, возникает новое ограничение на возможность определения минимального интервала времени. Это ограничение связано с величиной мертвого времени дифференциального дискриминатора. Проведенные нами измерения были осуществлены по схеме, показанной на рис.1а.

С целью оценки предельно достижимого временного разрешения в методе ОСВС нами были проведены вычисления формы импульса тока /длительности импульса/ на выходе ФЭУ при использовании различных сцинтилляторов и фотоумножителей. Были рассмотрены два типа фотоумножителей - ФЭУ-87 и ХР-1020 /табл.2/ и некоторые сцинтилляторы /табл.3/. Для описания формы импульса тока при

\* Необходимо иметь в виду, что запаздывающим может быть импульс как с большей, так и с меньшей амплитудой /рис.1б, в/.



Таблица 2

Основные характеристики ФЭУ-87 и ХР-1020

Тип	Спектральная чувствительность /нм/	$t_3$ /нс/	$t_\Phi$ /нс/	$\sigma^{**}$ /нс/
ФЭУ-87	300÷600	30*	1,5	1,25
ХР 1020	350÷600	28	1,6	1,33

\* Величина, использованная в расчетах.

\*\* Временная дисперсия ФЭУ  $\sigma$  определялась из соотношения  $t_\Phi = 1,2\sigma^{1/7}$ .

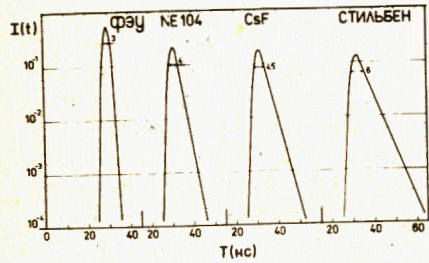


Рис.3. Длительность токового импульса на выходе ФЭУ-87 /ХР-1020/ для некоторых сцинтилляторов /площади импульсов нормированы/.

засветке ФЭУ бесконечно короткой световой вспышкой можно воспользоваться функцией Гаусса /6/

$$I(t) = \frac{Q}{G\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-t_3)^2}{2\sigma^2}} \quad /1/$$

где Q - величина заряда,  $\sigma$  - временная дисперсия ФЭУ,  $t_3$  - временной интервал между моментом засветки фотокатода ФЭУ и появлением сигнала на аноде ФЭУ /время пролета/. При засветке ФЭУ световыми вспышками от сцинтиллятора со временем высвечивания  $\tau$

$$I(t) \sim \frac{1}{\tau} \cdot e^{-t/\tau} \quad /2/$$

а так как для большинства сцинтилляторов помимо основной компоненты со временем высвечивания  $\tau$  обнаружена и вторая компонента

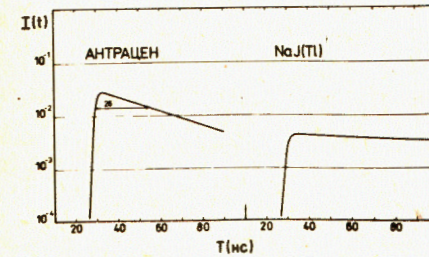
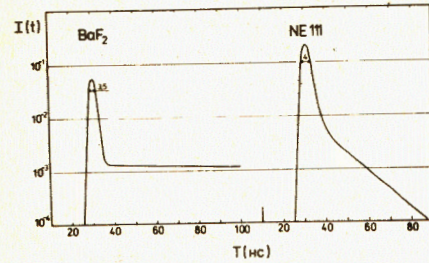


Таблица 3

Основные характеристики некоторых сцинтилляторов /8+13/

Тип сцинтиллятора	Относительная конверсионная эффективность ( $\Gamma/\text{см}^2$ )	$\tau_\delta$ (нс)	$\tau_M$ (нс)	$f_M$ относительная интенсивность	$\lambda^0/\lambda^M$
NE 111	0,55	1,7	12,5	0,12	375/-
NE 104	0,68	1,9	-	-	406
Стильбен	0,50	4,5	33	0,11	410/-
Антрацен	1,00	30	-	-	447
NaI(Te)	2,30	3,67	2200	0,19	413/-
CsF	0,22 /12/ 0,13 /13/	4,64	-	-	390
BaF2	0,46	4,88	620	0,80	220/310

\*  $\lambda^0$  и  $\lambda^M$  соответствуют максимальной интенсивности компонент в спектре высвечивания сцинтиллятора.



Таблица 4

Длительность импульса тока на выходе ФЭУ /ФЭУ-87, ХР-1020/

Тип сцинтиллятора	$T_{1/2}$ , (нс)	$T_{1/10}$ , (нс)	$T_{1/100}$ , (нс)
ФЭУ*	3	6	9
NE 104	4	8	14
NE 111**	4	9/8/	23/13/
Стильбен	6	15	27
Антрацен	20	69	138
BaF <sub>2</sub>	3,5	7	>1000
CsF	4,5	11	18,5
NaI(Tl)	159	530	>1000

\* При засветке ФЭУ бесконечно короткой световой вспышкой.

\*\* Величины, приведенные в скобках характеризуют длительность импульса без учета медленной компоненты высвечивания сцинтиллятора.

с гораздо большим временем высвечивания, то форма импульса тока

$$I(t) \approx \frac{f_{\delta}}{r_{\delta}} e^{-t/r_{\delta}} + \frac{f_M}{r_M} e^{-t/r_M}, \quad /3/$$

где  $f$  характеризует относительную интенсивность быстрой и медленной компонент высвечивания сцинтиллятора. Результат свертки экспоненциального распада с конечным временным разрешением ФЭУ приводит к изменению формы кривой радиоактивного распада. Математическое выражение этого процесса после проведения нормировки имеет следующий вид:

$$I(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-(t-t'-t_3)^2/2\sigma^2} \left( \frac{f_{\delta}}{r_{\delta}} e^{-t'/r_{\delta}} + \frac{f_M}{r_M} e^{-t'/r_M} \right) dt'. \quad /4/$$

Момент  $t = 0$  соответствует времени возбуждения сцинтиллятора. В своих расчетах мы не учитывали время нарастания сцинтилляции, так как время нарастания фронта импульса ФЭУ имеет обычно тот же порядок величины.

Так как временная дисперсия рассмотренных фотоумножителей отличается незначительно /7/, то для них нами были получены сходные результаты, характеризующие длительность импульса тока с выхода ФЭУ. Эти результаты представлены в табл.4 и на рис.3. Про-

веденные оценки показывают, что для данных фотоумножителей при допущении наложения двух импульсов на уровне 0,1 от полной амплитуды меньшего импульса /рис.1б/ возможно определение периодов полураспада возбужденных состояний, начиная с 7 нс, при использовании сцинтилляторов с временем высвечивания  $\tau = 0,6$  нс.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов В.А., Муминов Т.М. ПТЭ, 1973, 1, с.79.
2. Будзынски М. и др. ЯФ, 1975, 21, с.913.
3. Борейко В.Ф. и др. ОИЯИ, 13-6396, Дубна, 1972.
4. Belt R.A. et al. Nucl.Phys.A, 1969, 134, p.225.
5. Mouchel D., Hansen H.H. Z.Phys.A, 1984, 315, p.113.
6. Льюис И., Уэлс Ф. Миллимикросекундная импульсная техника. ИЛ, М., 1956.
7. Басиладзе С.Г. ОИЯИ, 13-7955, Дубна, 1974.
8. Басиладзе С.Г. ОИЯИ, 13-7957, Дубна, 1974.
9. Laval M. et al. Nucl.Instr.and Meth., 1983, 206, p.169.
10. Kelly T.M., Merrigan J.A. Nucl.Instr.and Meth., 1973, 109, p.233.
11. Nuclear Enterprises Ltd. Scintillator Catalogue, 1973.
12. Сцинтилляционный метод в радиометрии. /Под ред. Б.В.Рыбакова/. Госатомиздат, М., 1961.
13. Moszynsky J.K. et al. Nucl.Instr. and Meth., 1981, 179, p.271.

Рукопись поступила в издательский отдел  
21 июня 1984 года.



### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
301000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Жильцов А.А. и др.

13-84-428

Определение времени жизни изомерных состояний в  $^{172}\text{Yb}$  и  $^{181}\text{Ta}$  однокристалльным сцинтилляционным временным спектрометром

В данной работе показано, что методом однокристалльной сцинтилляционной временной спектрометрии можно проводить измерения периодов полураспада возбужденных состояний ядер начиная с 7 нс. Измерено время жизни возбужденных состояний в  $^{172}\text{Yb} / T_{1/2} = 8,85 \pm 0,31$  нс/ и  $^{181}\text{Ta} / T_{1/2} = 10,21 \pm 0,35$  нс/.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Zhiltsov A.A. et al.

13-84-428

Determination of Lifetimes of Isomeric States in  $^{172}\text{Yb}$  and  $^{181}\text{Ta}$  Using the Monocrystal Scintillation Time Spectrometer

It is shown that using the method of monocrystal scintillation time spectroscopy it is possible to measure half-lives of nuclear excited states, starting from 7 ns. The lifetimes of excited states in  $^{172}\text{Yb}$  have been measured ( $T_{1/2} = 8.85 \pm 0.31$  ns) and  $^{181}\text{Ta} / T_{1/2} = 10.21 \pm 0.35$  ns/.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1984