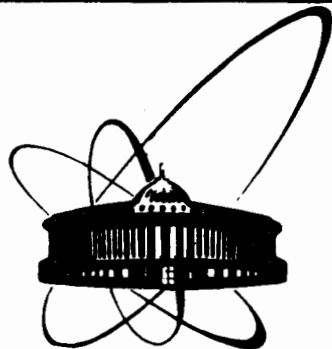


24/x-85



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

5574/83

16-83-452

Г.Я.Касканов, М.М.Комочков

ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ТЕРМОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ДЕТЕКТОРОВ  
НА ОСНОВЕ ФТОРИСТОГО ЛИТИЯ

Направлено в ПТЭ

1983

В настоящей работе представлены результаты исследований дозиметрических характеристик следующих термолюминесцентных детекторов /ТЛД/:  ${}^{\text{ест}}\text{LiF}(\text{Mg}, \text{Ti}, \text{Ca})$ ;  ${}^6\text{LiF}(\text{Mg}, \text{Ti}, \text{Ca})$  и  ${}^7\text{LiF}(\text{Mg}, \text{Ti}, \text{Ca})$ , разработанных в Государственном институте прикладной химии /ГИПХ/ <sup>/1/</sup>;  ${}^{\text{ест}}\text{LiF}(\text{Mg}, \text{Ti}, \text{Ca})$  - "ТЕЛДЕ" - в Институте физики АН ЛатвССР и Рижском медицинском институте <sup>/2/</sup>.

При этом в качестве тестового ТЛД использовались TLD-100, TLD-600 и TLD-700 - производства фирмы Харшоу /США/ <sup>/3/</sup>.

Детекторы TLD-100, TLD-600 и TLD-700 представляют собой таблетки массой около 25 мг и размером 3,2x3,2x0,9 мм<sup>3</sup>.

ТЛД производства ГИПХ выполнены в форме диска массой около 45 мг /диаметр 5 мм, толщина 1 мм/.

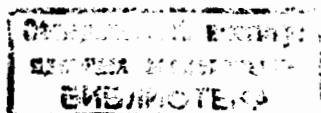
Детекторы "ТЕЛДЕ" - таблетки массой около 30 мг полусферической формы /диаметр 3 мм, высота 1,7 мм/.

Все эти ТЛД по конструктивному исполнению относятся к детекторам косвенного нагрева, т.е. их нагрев в процессе измерения осуществляется нагревателем измерительного прибора. Такой способ нагрева предусматривает весьма чистую обработку поверхности детектора /шлифование/. Этому требованию наиболее полно отвечают детекторы TLD-100, TLD-600 и TLD-700 фирмы Харшоу. На рабочих поверхностях детекторов производства ГИПХ и "ТЕЛДЕ" имеются шероховатости, что приводит к изменению теплового контакта поверхности ТЛД с нагревателем измерительного прибора от детектора к детектору, следствием чего является повышенный разброс показаний детекторов.

Перед облучением в поле ионизирующего излучения все типы ТЛД одновременно отжигали в кассете из нержавеющей стали, помещаемой в термостат при температуре  $T_1 = /400 \pm 20/^\circ\text{C}$  в течение 1 ч. После этого кассету с детекторами извлекали из термостата, помещали в радиатор из дюралюминия и охлаждали в течение 30 мин до комнатной температуры. Затем вновь помещали в термостат при температуре  $T_2 = /100 \pm 2/^\circ\text{C}$  и отжигали в течение двух часов.

После такой термической обработки проводили или измерение фоновых свечений ТЛД, или, в тот же день, - одновременное облучение всех детекторов в поле гамма-излучения кобальта-60 на стандартной градуировочной установке при коллиматоре диаметром  $\phi = 60$  мм, или в поле нейтронного излучения Pu-Be источника в центре парафиновой сферы диаметром  $\phi = 150$  мм в открытой геометрии. При этом детекторы помещали в алюминиевую кассету толщиной стенок 2 мм.

Измерения облученных детекторов проводили на следующие сутки на приборе фирмы Харшоу моделей 2000А и 2000В, реализую-



щем интегральный метод измерения термолюминесцентных сигналов. К линейному выходу этого прибора подключали графопостроитель для одновременной записи кривых термического высвечивания детекторов.

Измерительная камера блока модели 2000А продувалась техническим азотом со скоростью истечения /3-4/ л/мин.

Облученные детекторы перед измерением подвергали стабилизирующему прогреву в алюминиевой кассете, помещаемой в термостат при температуре  $T = 100 \pm 2^\circ\text{C}$  на 10 мин.

Все измерения ТЛД проводили в следующем режиме:

- температура предварительного быстрого нагрева  $T_{пр.} = 100^\circ\text{C}$ ;
- начальная температура интегрирования ТЛ-сигнала  $T_1 = 100^\circ\text{C}$ ;
- максимальная температура нагрева  $T_{макс.} = 230^\circ\text{C}$ ;
- скорость линейного нагрева от  $T_{пр.}$  до  $T_{макс.} = 10^\circ\text{C} / \text{с}$ ;
- продолжительность измерения  $t_{изм.} = 30 \text{ с}$ .

За период 1980-1982 гг. с вышеперечисленными ТЛД проведено более 150 циклов измерений с целью определения чувствительности детекторов к гамма-излучению кобальта-60 и к тепловым нейтронам от  $\text{Pu-Be}$ -источника, помещенного в парафиновую сферу диаметром 150 мм, а также с целью определения минимально-измеряемой дозы, фединга и стабильности свойств/определения возможности многократного повторного применения/. При этом через каждые 10 циклов проводились измерения фоновых показаний ТЛД сразу после термической обработки. Рабочий цикл включал предварительную термическую обработку, облучение детекторов в поле ионизирующего излучения кобальта-60 или тепловых нейтронов, стабилизирующий прогрев и измерение показаний ТЛД, которые проводились при вышеописанных режимах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В табл.1 представлены сравнительные характеристики исследованных ТЛД, а в табл.2 приведены средние величины показаний детекторов до и после 100 циклов измерений при облучении их в поле гамма-излучения кобальта-60 экспозиционной дозой  $D_{эксп.} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ .

В таблицах указаны границы случайной погрешности результата измерения при доверительной вероятности  $p = 0,95$ .

Минимально измеряемую величину дозы ( $D_{мин.}$ ) рассчитывали исходя из предположения, что  $D_{мин.}$  есть ожидаемая величина дозы, при которой отклик облученного детектора  $Q_d$  превышает отклик фонового детектора  $Q_f$  с заранее заданной вероятностью  $p$ .

Для нахождения  $D_{мин.}$  на основе данных эксперимента вычисляли среднюю квадратичную погрешность отдельного измерения по формуле:

$$\sigma_{\phi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{\phi}^i - \bar{Q}_{\phi})^2}{n-1}},$$

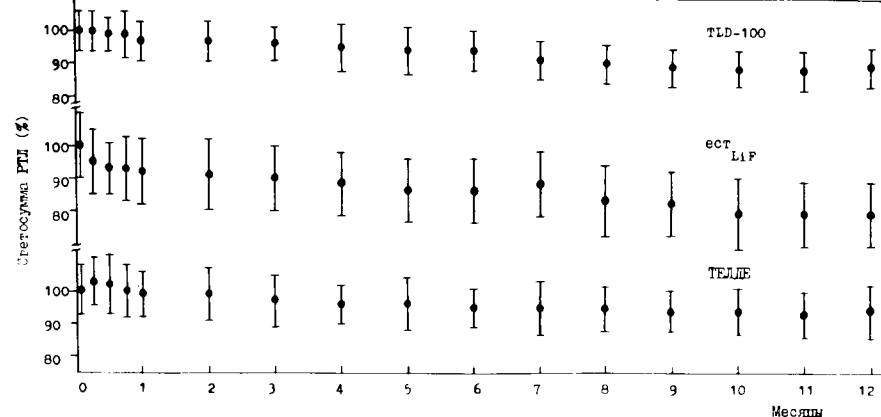


Рис.1. Зависимость показаний облученных термолюминесцентных детекторов из фтористого лития (LiF) от времени хранения в лабораторных условиях /температура  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  /.

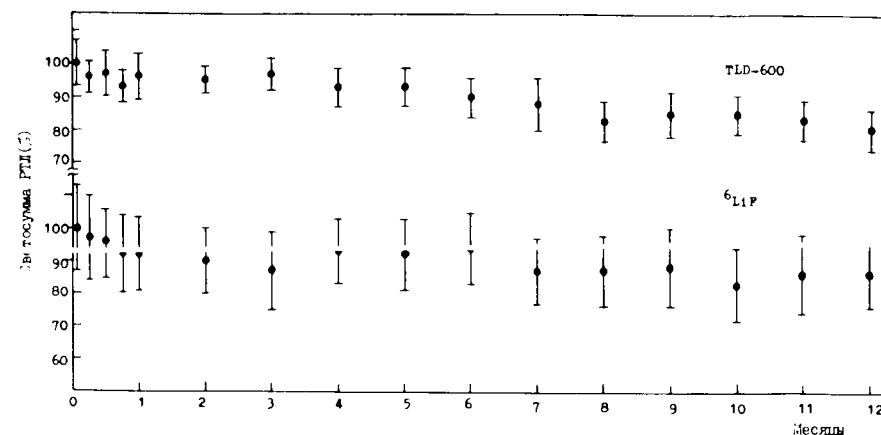


Рис.2. Зависимость показаний облученных термолюминесцентных детекторов из фтористого лития (LiF) от времени хранения в лабораторных условиях /температура  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  /.

где  $n$  - число ТЛД в группе, для которых измерено распределение фоновых сигналов. После этого по выбранному значению  $p = 0,95$  находили значение аргумента интеграла вероятности  $\Phi\left(\frac{Q_{\phi} - \bar{Q}_{\phi}}{\sigma_{\phi}}\right)$  и далее вычисляли разность  $(Q_{\phi} - \bar{Q}_{\phi})$ . Полагая  $\sigma_{\phi} = \sigma_{D_{мин.}}$ , по формуле  $D_{мин.} = \frac{2(Q_{\phi} - \bar{Q}_{\phi})}{k_{гр.}}$ , где  $k_{гр.}$  - средняя величина градуировочного коэффициента для данных ТЛД /нКл/Гр/, определяли ми-

нимально измеряемую величину дозы с любым детектором из этой группы.

На рис.1-3 приведены зависимости показаний облученных ТЛД соответственно TLD-100,  $^{6}\text{LiF}$  и "ТЕЛДЕ"; TLD-600 и  $^{6}\text{LiF}$ ; TLD-700 и  $^{7}\text{LiF}$  от времени хранения при лабораторных условиях.

На рис.4 показана зависимость чувствительности ТЛД  $^{6}\text{LiF}$ ,  $^{7}\text{LiF}$  и "ТЕЛДЕ" от числа циклов измерений к гамма-излучению кобальта-60.

На рис.1-4 указаны границы случайной погрешности результата измерения при доверительной вероятности  $p = 0,95$ .

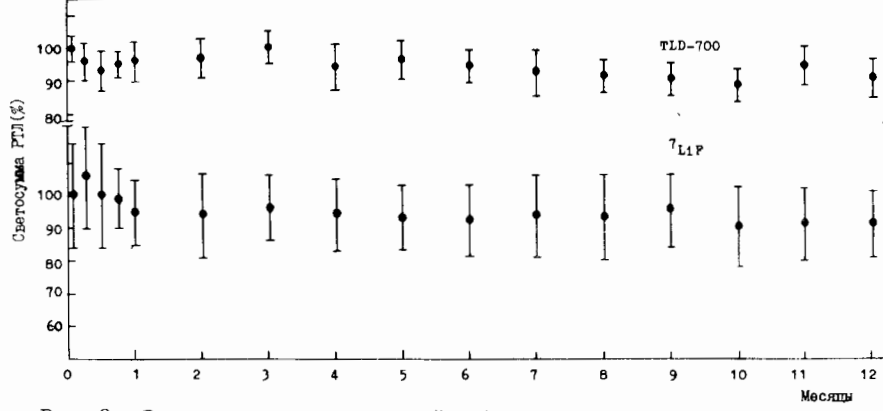


Рис.3. Зависимость показаний облученных термоллюминесцентных детекторов из фтористого лития (LiF) от времени хранения в лабораторных условиях /температура  $20 \pm 2$  °C/.

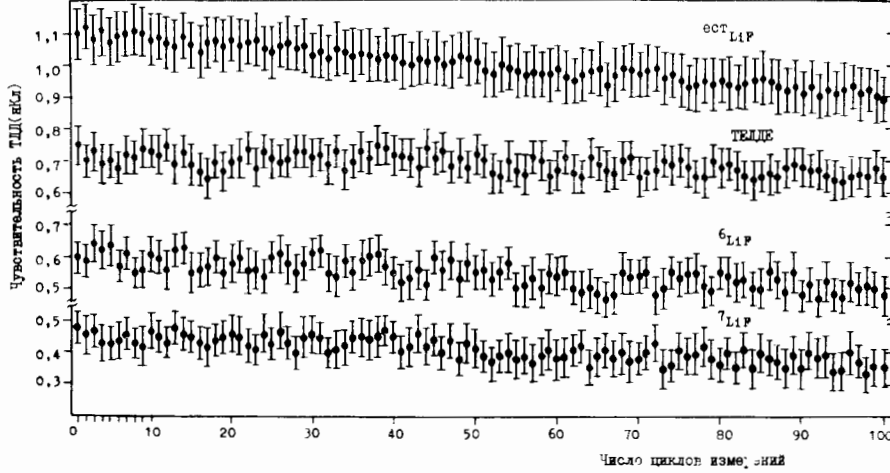


Рис.4. Зависимость чувствительности ТЛД  $^{6}\text{LiF}$ ,  $^{7}\text{LiF}$  и "ТЕЛДЕ" от числа циклов измерений.

Таблица 1

Сравнительные характеристики ТЛД  $^{6}\text{LiF}$ ,  $^{7}\text{LiF}$ , TLD-100, TLD-600, TLD-700 и "ТЕЛДЕ"

Детекторы	Площадь, мм <sup>2</sup>	Толщина, мм	Масса, мг	Фоновое свечение, нКи	Минимально измеряемая доза, Гр	Средняя чувствительность	
						Гамма-излучение нКи/Гр	Тепловые нейтроны, * нКи/Зв
TLD-100	10	0,89 $\pm$ 0,01	23,5 $\pm$ 0,4	0,0022 $\pm$ 0,0006	(1 $\pm$ 0,2) 10 <sup>-5</sup>	(0,897 $\pm$ 0,042) 10 <sup>-2</sup>	(18,6 $\pm$ 1,4) 10 <sup>-2</sup>
ТЕЛДЕ	8	1,65 $\pm$ 0,10	28,5 $\pm$ 3,8	0,0021 $\pm$ 0,0005	(1 $\pm$ 0,2) 10 <sup>-5</sup>	(0,744 $\pm$ 0,054) 10 <sup>-2</sup>	(7,2 $\pm$ 0,6) 10 <sup>-2</sup>
$^{6}\text{LiF}$	20	0,99 $\pm$ 0,02	48,6 $\pm$ 1,9	0,004 $\pm$ 0,001	(1,6 $\pm$ 0,4) 10 <sup>-5</sup>	(1,089 $\pm$ 0,074) 10 <sup>-2</sup>	(10,4 $\pm$ 0,9) 10 <sup>-2</sup>
TLD-600	10	0,89 $\pm$ 0,01	22,9 $\pm$ 0,5	0,0021 $\pm$ 0,0006	(1 $\pm$ 0,2) 10 <sup>-5</sup>	(0,842 $\pm$ 0,039) 10 <sup>-2</sup>	(74,6 $\pm$ 3,6) 10 <sup>-2</sup>
$^{7}\text{LiF}$	20	0,99 $\pm$ 0,02	45,5 $\pm$ 1,8	0,0029 $\pm$ 0,0009	(2,3 $\pm$ 0,7) 10 <sup>-5</sup>	(0,579 $\pm$ 0,049) 10 <sup>-2</sup>	(18,5 $\pm$ 1,6) 10 <sup>-2</sup>
TLD-700	10	0,89 $\pm$ 0,01	23,6 $\pm$ 0,3	0,0024 $\pm$ 0,0007	(1 $\pm$ 0,2) 10 <sup>-5</sup>	(0,906 $\pm$ 0,043) 10 <sup>-2</sup>	(1,5 $\pm$ 0,1) 10 <sup>-2</sup>
$^{7}\text{LiF}$	20	0,99 $\pm$ 0,02	46,7 $\pm$ 1,1	0,0028 $\pm$ 0,0008	(2,7 $\pm$ 0,8) 10 <sup>-5</sup>	(0,451 $\pm$ 0,041) 10 <sup>-2</sup>	(5,2 $\pm$ 0,5) 10 <sup>-2</sup>

\* Тепловые нейтроны в сопровождении ц омежуточных и быстрых нейтронов от Pu-Be источника, помещенного в центр парафиновой сферы диаметром 150 мм.

Средние величины показаний ТЛД до и после 100 циклов измерений, нКл/Гр

Детекторы	Число циклов измерений		Отношение показаний ТЛД(100) : ТЛД(1)
	I	100	
ТЛД-100	(0,904 ± 0,044) 10 <sup>-2</sup>	(0,842 ± 0,035) 10 <sup>-2</sup>	0,93 ± 0,05
ТЕЛДЕ	(0,750 ± 0,054) 10 <sup>-2</sup>	(0,652 ± 0,047) 10 <sup>-2</sup>	0,87 ± 0,07
ест LiF	(1,101 ± 0,075) 10 <sup>-2</sup>	(0,891 ± 0,060) 10 <sup>-2</sup>	0,81 ± 0,07
ТЛД-600	(0,848 ± 0,039) 10 <sup>-2</sup>	(0,814 ± 0,038) 10 <sup>-2</sup>	0,96 ± 0,05
<sup>6</sup> LiF	(0,601 ± 0,051) 10 <sup>-2</sup>	(0,481 ± 0,041) 10 <sup>-2</sup>	0,80 ± 0,10
ТЛД-700	(0,894 ± 0,039) 10 <sup>-2</sup>	(0,858 ± 0,038) 10 <sup>-2</sup>	0,96 ± 0,05
<sup>7</sup> LiF	(0,462 ± 0,044) 10 <sup>-2</sup>	(0,351 ± 0,032) 10 <sup>-2</sup>	0,76 ± 0,09

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ. ВЫВОДЫ

Данные табл.1 показывают, что чувствительность ТЛД ест·LiF к гамма-излучению кобальта-60 примерно на 20% выше по сравнению с чувствительностью ТЛД-100 и на 50% - по сравнению с "ТЕЛДЕ". Чувствительность к тепловым нейтронам /Pu-Be источник в парафинном шаре диаметром 150 мм/ равна  $10,4 \pm 0,9 \cdot 10^{-2}$  нКл/Зв, что составляет  $1/50 \div 60\%$  от чувствительности ТЛД-100.

Чувствительность <sup>6</sup>LiF к гамма-излучению кобальта-60 равна примерно 70% от чувствительности ТЛД-600, а чувствительность к тепловым нейтронам - 25% от чувствительности ТЛД-600.

Чувствительность к тепловым нейтронам <sup>7</sup>LiF примерно в 3,5 раза выше, чем чувствительность ТЛД-700, а чувствительность к гамма-излучению кобальта-60 составляет 50% от чувствительности ТЛД-700.

Разброс чувствительности детекторов при выбранном режиме термической обработки не превышает +20%.

Из рис.1-3 следует, что фединг ТЛД ест·LiF, <sup>6</sup>LiF, <sup>7</sup>LiF и "ТЕЛДЕ" не превышает 15% за год при хранении облученных детекторов в лабораторных условиях, что согласуется с литературными данными.

Из рис.4 и табл.2 видно, что исследуемые детекторы выдерживают 100 и более рабочих циклов, при этом их чувствительность уменьшается всего на 15-20%.

По полученным дозиметрическим характеристикам ТЛД ест·LiF, <sup>6</sup>LiF, <sup>7</sup>LiF и "ТЕЛДЕ" удовлетворяют требованиям, предъявляемым к детекторам такого типа в области индивидуальной дозиметрии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко В.И. и др. SAAS-280, 1981, 1, с. 174.
2. Шварц К.К. и др. Термолюминесцентная дозиметрия. "Зинатне", Рига, 1968.
3. Проспект фирмы Harshaw Chemical Company, Cleveland, Ohio 44106, USA.
4. Оборин А.В. и др. ПТЭ, 1981, №2, с. 76.
5. Куделин К.М. ПТЭ, 1979, №3, с. 21.
6. Бочвар И.А. и др. Метод дозиметрии ИКС. Атомиздат, М., 1977.
7. Франк М., Штольц В. Твердотельная дозиметрия ионизирующего излучения. Атомиздат, М., 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 июня 1983 года.

### НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 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.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 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.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 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.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79  
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Касканов Г.Я., Комочков М.М. 16-83-452  
Дозиметрические характеристики термолуминесцентных детекторов на основе фтористого лития.

Работа выполнена с целью сравнения дозиметрических характеристик ТЛД  $^{nat}\text{LiF}$ , "ТЕЛДЕ",  $^6\text{LiF}$  и  $^7\text{LiF}$ . Приведены следующие характеристики этих детекторов: а/ чувствительность к гамма-излучению кобальта-60 и тепловым нейтронам /Pu-Be источник в центре сферы из парафина диаметром 150 мм/; б/ средняя величина фонового свечения; в/ зависимость чувствительности от числа циклов измерений; г/ зависимость показаний облученных детекторов от времени хранения в лабораторных условиях /фединг/; д/ расчетная величина минимально измеряемой дозы. Приведенные характеристики ТЛД  $^{nat}\text{LiF}$ , "ТЕЛДЕ",  $^6\text{LiF}$  и  $^7\text{LiF}$  сравнивались с аналогичными характеристиками детекторов TLD-100, -600, -700. Все измерения проводились на приборе фирмы Harshaw моделей 2000 /А и В/. Экспериментально полученные характеристики ТЛД удовлетворяют требованиям индивидуальной дозиметрии и радиационного контроля окружающей среды.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Kaskanov G.Ja., Komochkov M.M. 16-83-452  
Dosimetric Characteristics of Thermoluminescence of Lithium Fluoride Detectors

The aim of report is the comparison of dosimetric characteristics of  $^{nat}\text{LiF}$ , "TELDE",  $^6\text{LiF}$  and  $^7\text{LiF}$  TL-detectors. Detector characteristics reported are as follows: a) response to gamma rays (from  $^{60}\text{Co}$ ) and to neutrons (from Pu-Be source placed in the centre of a paraffin sphere 150 mm in diameter); b) mean value of zero-dose reading; c) dependence of the resonance on the number of measurements cycles; d) fading (under laboratory conditions); e) lowest detectable dose. The characteristics of the  $^{nat}\text{LiF}$ , "TELDE",  $^6\text{LiF}$  and  $^7\text{LiF}$  TLD reported were compared to those of TLD-100, -600, -700. All measurements were performed on a Harshaw (A÷B) 2000 reader. The characteristics of the TLD experimentally obtained satisfy the requirements for application in the fields of personnel dosimetry and environmental radiation monitoring.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.