

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
Физико-технический факультет  
Кафедра ядерной и радиационной физики

## Применение термолюминесцентной дозиметрии для измерения полей рентгеновского излучения

Реферат:  
студента группы ЯРФ34Д  
Э.Н. Братишка  
Преподаватель:  
С. Л. Эльяш

*Ключевые слова: доза, дозиметрия,  
термолюминесценция, фосфор,  
рентгеновское излучение, поле, материал,  
объект, кривая термовысвечивания,  
интенсивность, фотон.*

# Введение

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (1)$$

Таблица 1

Задачи дозиметрии ионизирующего излучения

| Вид дозиметрии                    | Область применения  | Диапазон измерений   | Краткое обозначение |
|-----------------------------------|---|--|---------------------|
| Индивидуальная                    | Повседневный радиационный контроль  | $10^{-3}$ —10 <i>бэр</i>   | И1                  |
|                                   | Аварийная дозиметрия  | 1—1000 <i>бэр</i> *  | И2                  |
|                                   | Дозиметрия в условиях ядерной войны   | 10—1000 <i>бэр</i>   | И3                  |
|                                   | Дозиметрия при космических полетах  | $10^{-3}$ —1000 <i>бэр</i>   | И4                  |
|                                   | Дозиметрия естественного излучения  | $10^{-4}$ — $10^{-1}$ <i>бэр</i>   | И5                  |
| Клиническая                       | При внешнем и внутреннем лечебном облучении   | 1— $10^4$ <i>рад</i>   | К                   |
| Дозиметрия в радиобиологии        | При воздействии ионизирующего излучения на биологические объекты в процессе радиобиологических исследований | 1— $10^7$ <i>рад</i>   | Б                   |
| Дозиметрия в радиационной технике | Радиационная химия<br>Лучевая стерилизация<br>Облучение продуктов питания                                   | $10^3$ — $10^8$ <i>рад</i><br>$\sim 2,5 \cdot 10^6$ <i>рад</i><br>$10^3$ — $5 \cdot 10^6$ <i>рад</i> | Т                   |
| Внутриреакторная                  | Измерение потоков нейтронов<br>Измерение дозы излучения   | $10^7$ — $10^{14}$ <i>нейтрон/(см<sup>2</sup>·сек)</i><br>$10^3$ — $10^9$ <i>рад</i>                 | Р                   |

† \* \* Совещание экспертов МАГАТЭ в 1970 г. рекомендовало при авариях измерять дозу в радах отдельных компонентов излучения. Диапазон измерений, учитывая вероятность локальных облучений, должен быть расширен до 5000 *рад*. — Прим. ред.

Рисунок 1 – Виды дозиметрии, соответствующие области применения и диапазоны измерений.

Физико-химические эффекты, используемые в дозиметрии

| Рабочее тело | Эффект                                  | Измеряемый параметр                | Область применения (по табл. 1) |
|--------------|---|------------------------------------|---------------------------------|
| Газ          | Ионизация                               | Ионизационный ток                  | И 1—5, К, Б, Р                  |
|              | Химические превращения                  | Изменение концентрации             | К, Б, Т, Р                      |
| Жидкость     | Нагревание                              | Изменение температуры              | Т, Р                            |
|              | Активация                               | Активность                         | И 2, Р                          |
| Твердое тело | Засвечивание фотоэмульсии               | Почернение пленки                  | И 1—5, К, Б                     |
|              | Термолюминесценция                      | Свечение термолюминесценции        | И 1—5, К, Б                     |
|              | Радиофотолюминесценция                  | Свечение радиофотолюминесценции    | И 1—4, К, Б                     |
|              | Экзоэлектронная эмиссия                 | Ток экзоэлектронов                 | —                               |
|              | Деградация люминесценции                | Интенсивность люминесценции        | Т, Р                            |
|              | Окрашивание                             | Пропускание света                  | И 3, К, Б, Т, Р                 |
|              | Образование трека                       | Число треков                       | И 1—4                           |
|              | Сцинтилляция                            | Световой поток, число сцинтилляций | И 1, К, Б                       |
|              | Изменение сопротивления полупроводников | Ток, напряжение                    | И 1—3, К, Б                     |

Рисунок 2 – Методы используемые в дозиметрии.

# Термолюминесцентная дозиметрия

$$T = f(t) \quad (2)$$

$$T = T_0 + qt \quad (3)$$

$T_0$  - начальная температура,  $q$  – константа скорости нагрева,  $t$  – время нагрева

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt \quad (4)$$

$t_1$  и  $t_2$  – время начала и конца нагрева

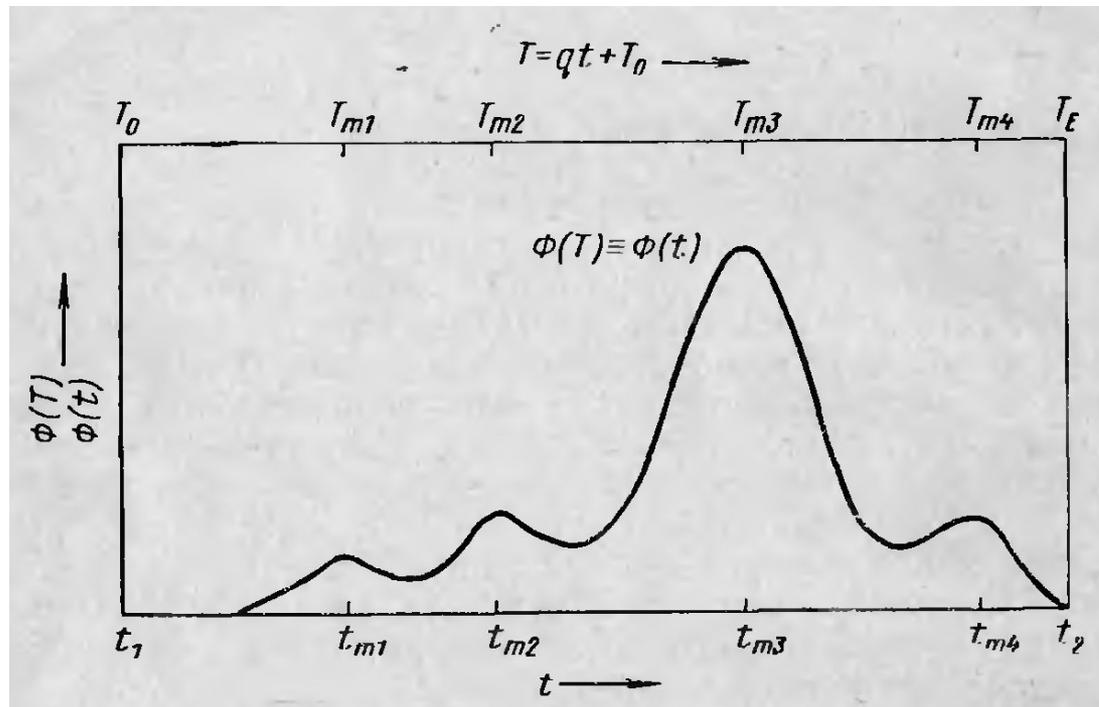
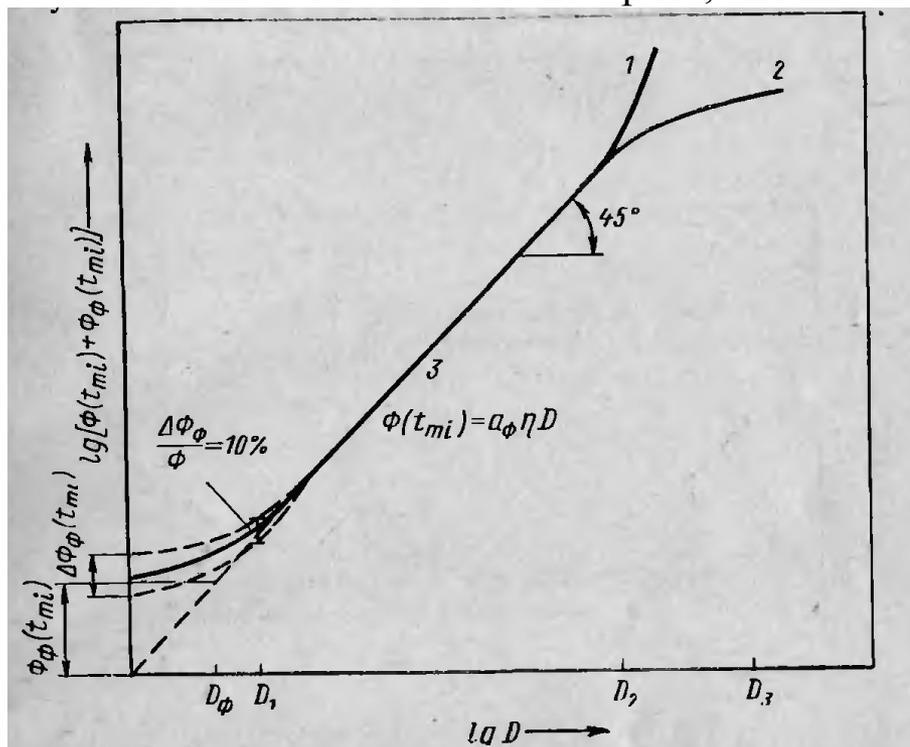


Рисунок 3 – Кривая термовысвечивания фосфора

# Критерии выбора материала фосфора

$$\eta = \frac{E}{m \cdot D} \quad (5)$$

$E$  – высвечиваемая энергия,  $m$  – масса фосфора,  $D$  – поглощенная доза



$$I = a_I \eta D \quad (6)$$

$$Q = a_Q \eta D \quad (7)$$

$a_I$  и  $a_Q$  – постоянные

Рисунок 4 – Вид дозовой зависимости



Рисунок 5 – LiF-дозиметр

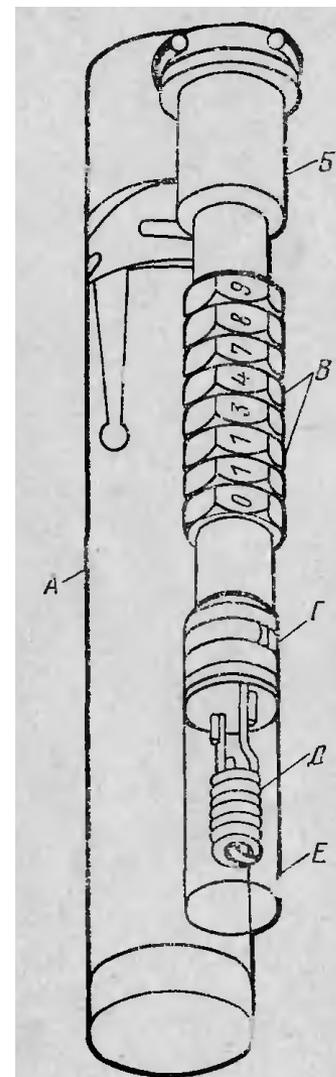


Рис. 6.  $\text{CaF}_2$ -дозиметр фирмы EGG [41]:

*A* – футляр из пластмассы; *B* – затвор; *B* – кольцо с цифрами для автоматической идентификации; *Г* – нагревательные контакты; *Д* – нагревательная спираль с нанесенным на нее слоем термолюминофора (связующее вещество – силикат каля); *Е* – стеклянная колба.

Свойства термолуминофоров, применяемых в дозиметрии

| Химический состав                          | Температура $T_{ml}$ используемого максимума КТВ, °С | Спад при комнатной температуре | Нижний предел измерений $D_1$ , мрад | Верхний предел измерений $D_2/D_3$ , рад | Максимальный ход с жесткостью по отношению к воздуху | Примечание  | Литература                         |
|--|--|--------------------------------|--------------------------------------|--|--|---|------------------------------------|
| LiFTLD-100<br>LiF-Z                        | 200  | < 3%/3 мес                     | $1 \pm 10\%$                         | $10^3$<br>$10^4$                         | 1,35   | Изготавливаются промышленностью                   | [1—41],<br>[16, 23]*,<br>[36—41]** |
| CaF <sub>2</sub> (Mn)                      | 280<br>(240—280)                                     | < 5%/2 мес                     | $1$<br>$5 \pm$<br>4%                 | $3 \cdot 10^3$ /<br>$10^4$               | 14,5   | То же   | [40—53],<br>[53]*,<br>[40, 41]**   |
| CaF <sub>2</sub> (прир.)<br>(полевой шпат) | 260  | < 2%/мес                       | $1 \pm 10\%$<br>(0,1)                | $3 \cdot 10^3$ /<br>$10^4$               | 14,5   | »   | [40, 56—62],<br>[62]*,<br>[40]**   |
| CaSO <sub>4</sub> (Mn)                     | 100  | 25%/10 ч                       | $0,1 \pm$<br>6%                      | $5 \cdot 10^3$ /<br>$2 \cdot 10^4$       | 12   | Из-за сильного фединга практически не применяется | [63—73],<br>[72—73]*               |
| CaSO <sub>4</sub> (Sm)                     | 290  | 10%/неделя                     | 5                                    | $3 \cdot 10^3/10^4$                      | 12   | Не применяется                                    | [74—78],<br>[75]*                  |
| Алюмофосфатное<br>стекло***                | 230—300  | 18%/мес                        | $20 \pm 10$                          | $10^2/2 \cdot 10^6$                      | 3,5...10   | Разрабатывается для индивидуальной дозиметрии     | [79—86],<br>[80]*                  |
| Борат лития                                | 220  | ?                              | (100)                                | $10^2/10^5$                              | 1  | Мало исследован                                   | [87]                               |
| SrS(Eu,Sm)***                              | 250; инфракрасное высвечивание                       | 10%/2 недели                   | $2 \pm 1$                            | $10^2/10^3$                              | 50   | Химически неустойчив, большой ход с жесткостью    | [88—90],<br>[88]*                  |
| MgF <sub>2</sub> (Mn)                      | 130  | 20%/10 дней                    | 100                                  | $4 \cdot 10^3$                           | 2,5  | Не применяется                                    | [91]                               |

Рисунок 7 – Виды фосфоров и их применение

# Постановка эксперимента для определения показаний дозиметра



Рисунок 8 – Принципиальная блок-схема установки



Рисунок 9 – ФЭУ произведенные в СССР



Рисунок 10 – ТЛД установка ДВГ-02Т

# Измерение полей рентгеновского излучения

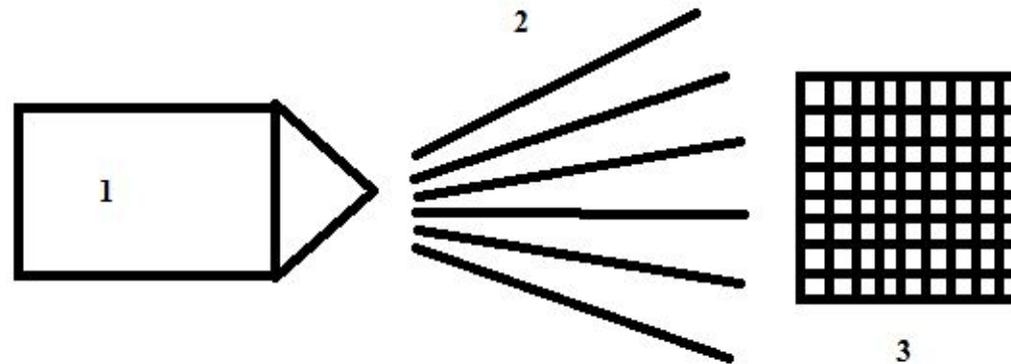


Рисунок 11 – Схема эксперимента для измерения полей РИ.

1 – источник рентгеновского излучения; 2 – поток рентгеновского излучения;  
3 – матрица с дозиметрами.



# Вывод

В данном реферате мы дали понятие дозы поглощенной объектом. Рассмотрели виды дозиметрии, а так же физико-химические процессы используемые дозиметрией. Подробно рассмотрели термолюминесцентную дозиметрию. Дали определение термолюминесценции и фосфора. Показали критерии по выбору фосфора и показали фосфоры, которые использую в ТЛД. Показали постановку эксперимента для измерения полей рентгеновского излучения, а так же на конкретном примере, какую задачу можно решить. Очевидно, данный метод можно применять и для других задач. Можно подвести итог общими словами, термолюминесцентная дозиметрия является мощным инструментом для определения дозы рентгеновского излучения.

# Список литературы

1. Франк М., Штольц В. Твердотельная дозиметрия ионизирующего излучения. Москва: Атомиздат, 1973.
2. Шварц К.К., Грант З.А., Меже Т.К., Грубе М.М. Твердотельная дозиметрия. Рига: Зинатне, 1967.
3. Саундерс Д., Даниельс Ф., Бойд Ч. Термолюминесценция, как средство научного исследования УФН 51 (10) (1953).

**Спасибо за внимание!**