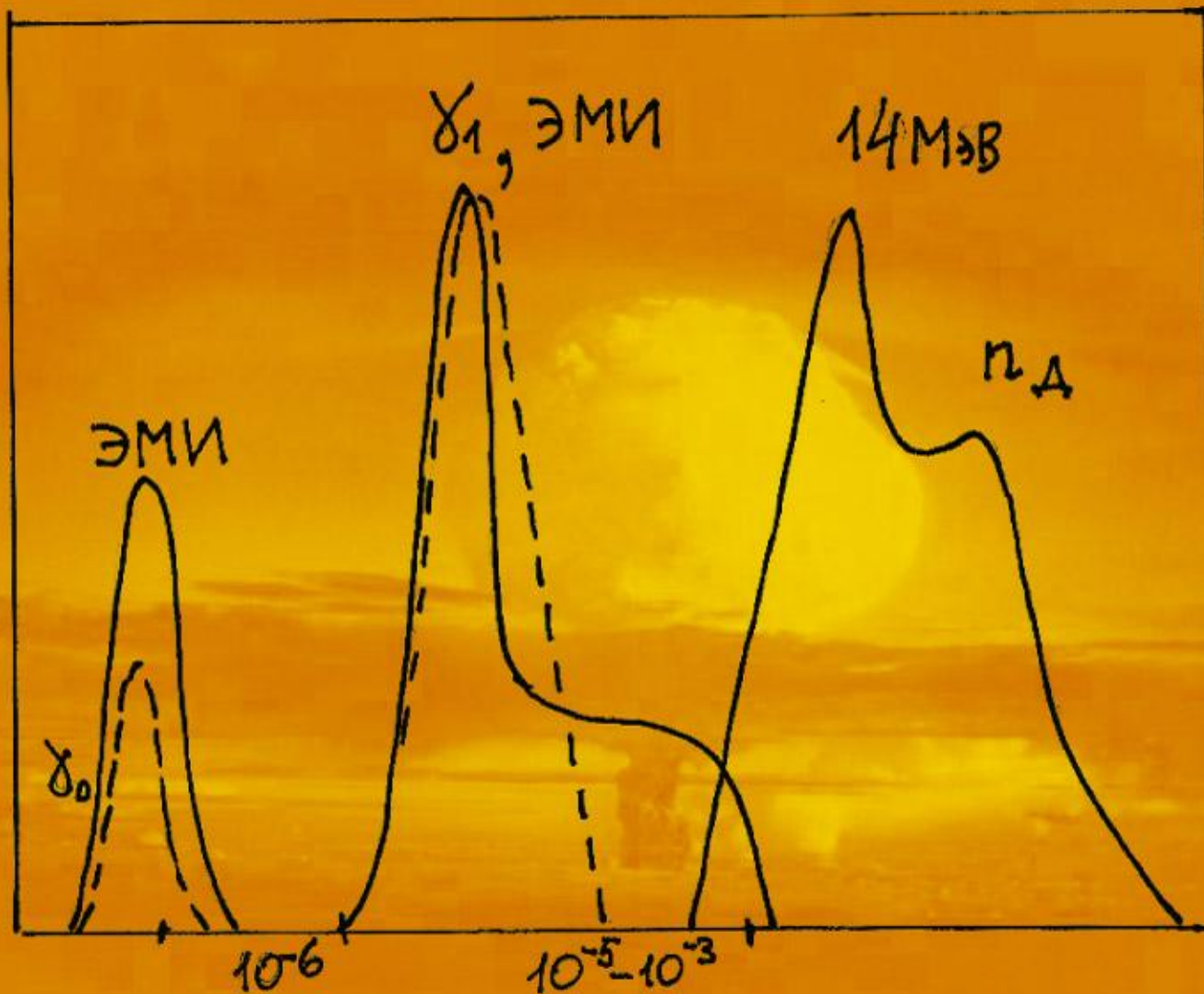


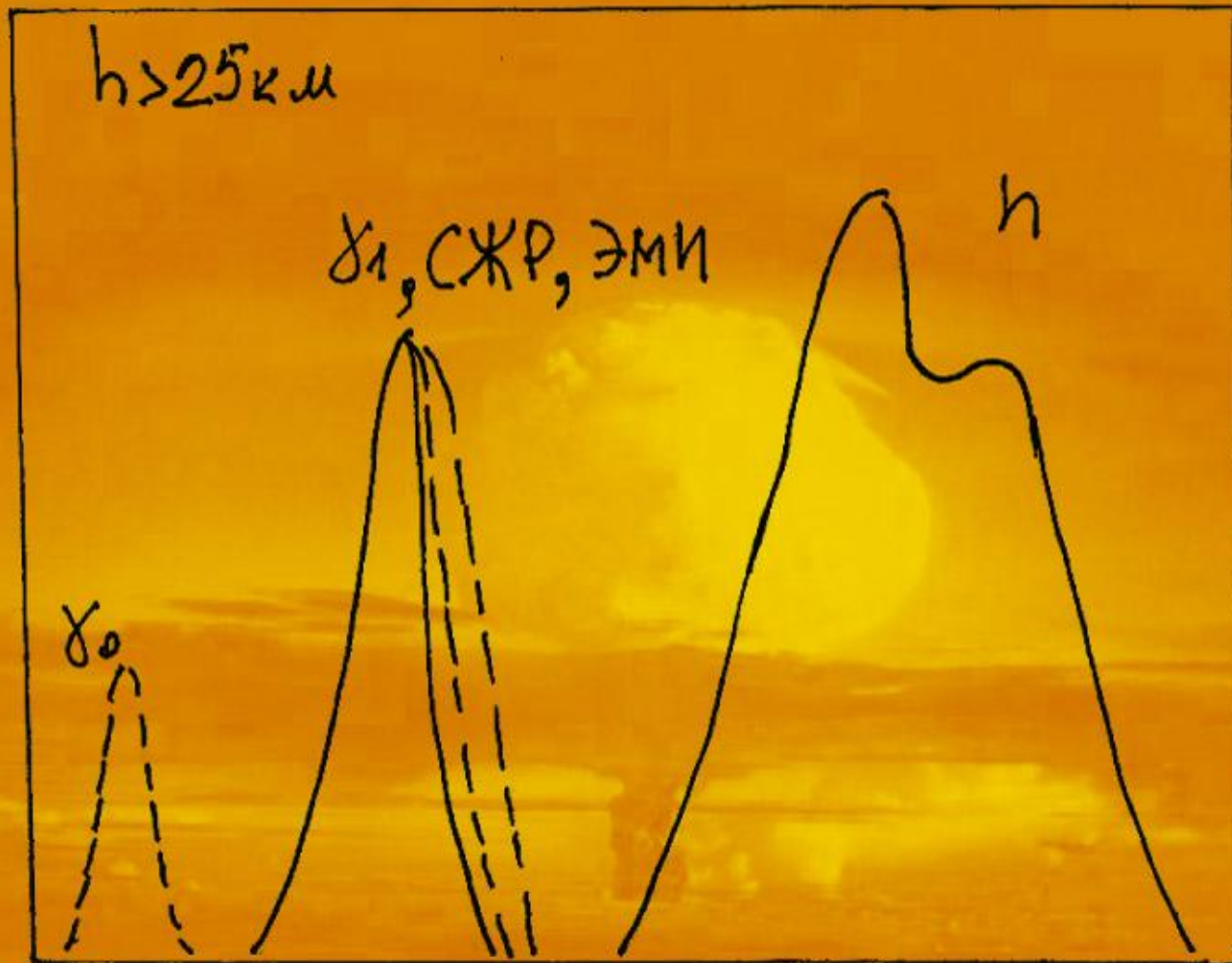
КРАТКИЙ КУРС.

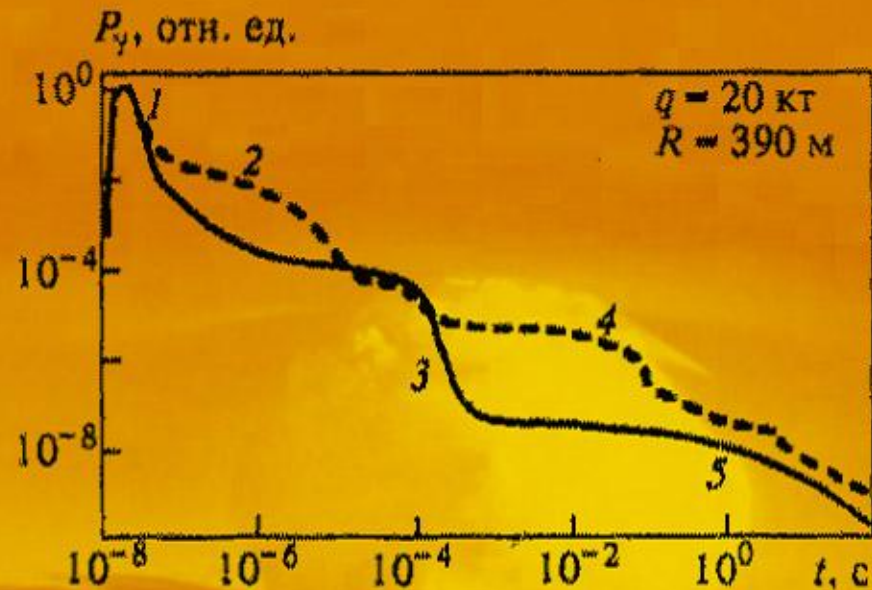
Базовые механизмы формирования радиационных  
Эффектов в ППП, ИС и РЭА

УЛИМОВ В.Н.

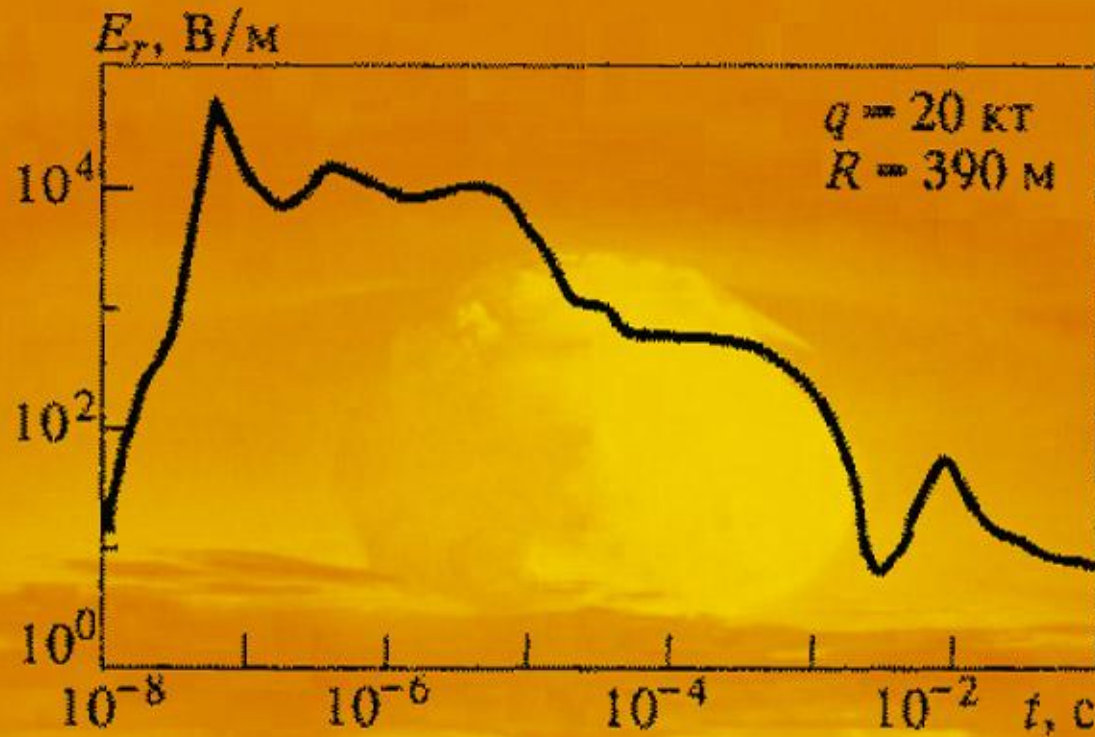
**Ионизирующие излучения  
ядерного взрыва (ЯВ),  
Космического пространства (КП),  
ядерных энергетических установок (ЯЭУ)  
и аварий на АЭС (ЛОСА)**



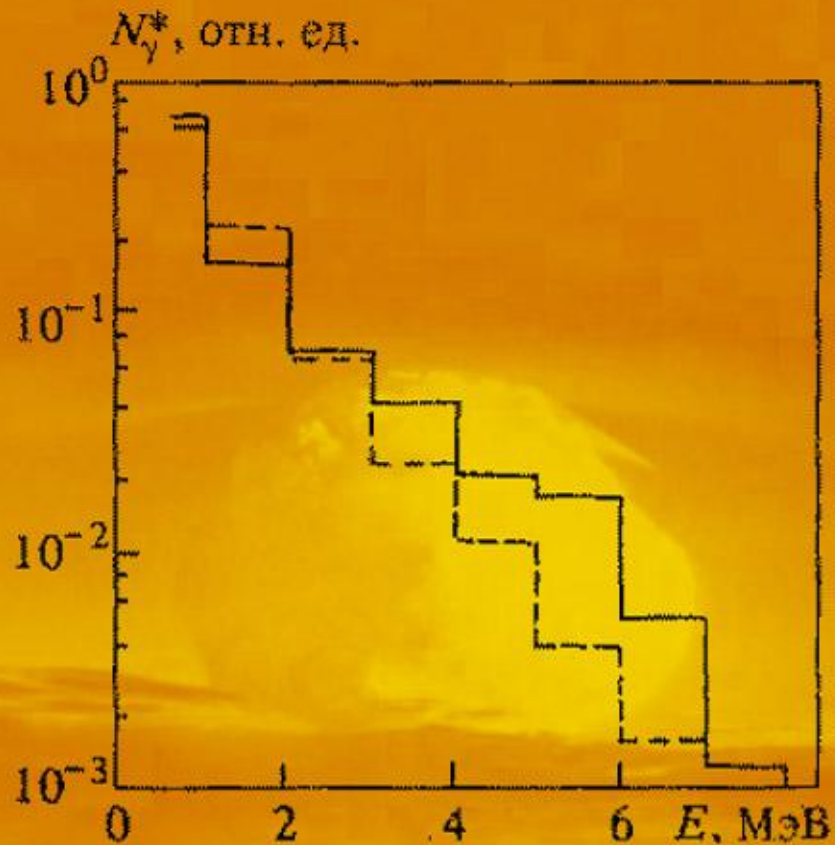




Временная форма гамма-излучения высотного (сплошная линия) и наземного (штриховая линия) атомного взрыва : 1 — мгновенный компонент; 2 — гамма-излучение, рождаемое в актах неупругого рассеяния нейтронов; 3 — изомерное излучение; 4 — излучение, рождаемое в актах захвата нейтронов; 5 — осколочное излучение



Временная форма радиального компонента ЭМИ наземного атомного взрыва



Нормализованный энергетический спектр гамма-квантов, выходящих из конструкции ядерного взрывного устройства: сплошная линия — мгновенное гамма-излучение плутониевого заряда ; штриховая — гамма-излучение деления плутония

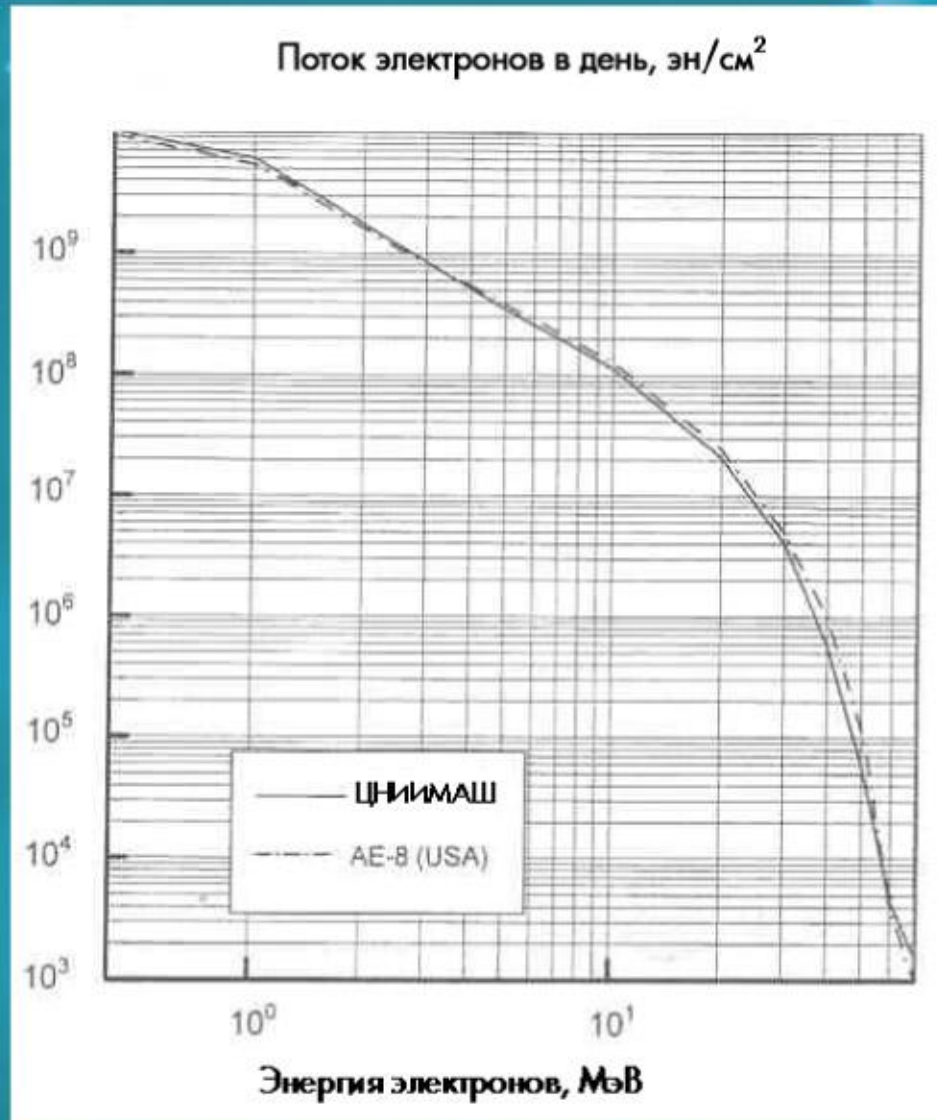
Энергетическое распределение быстрых нейтронов, выходящих с поверхности термоядерного взрывного устройства

| $E_n$ , МэВ | Доля, % |
|-------------|---------|
| 12,2—14,2   | 14,9    |
| 10,0—12,2   | 5,3     |
| 8,18—10,0   | 2,9     |
| 6,36—8,18   | 3,3     |
| 4,06—6,36   | 6,6     |
| 2,35—4,06   | 11,0    |
| 1,11—2,35   | 18,0    |
| 0,111—1,11  | 38,0    |

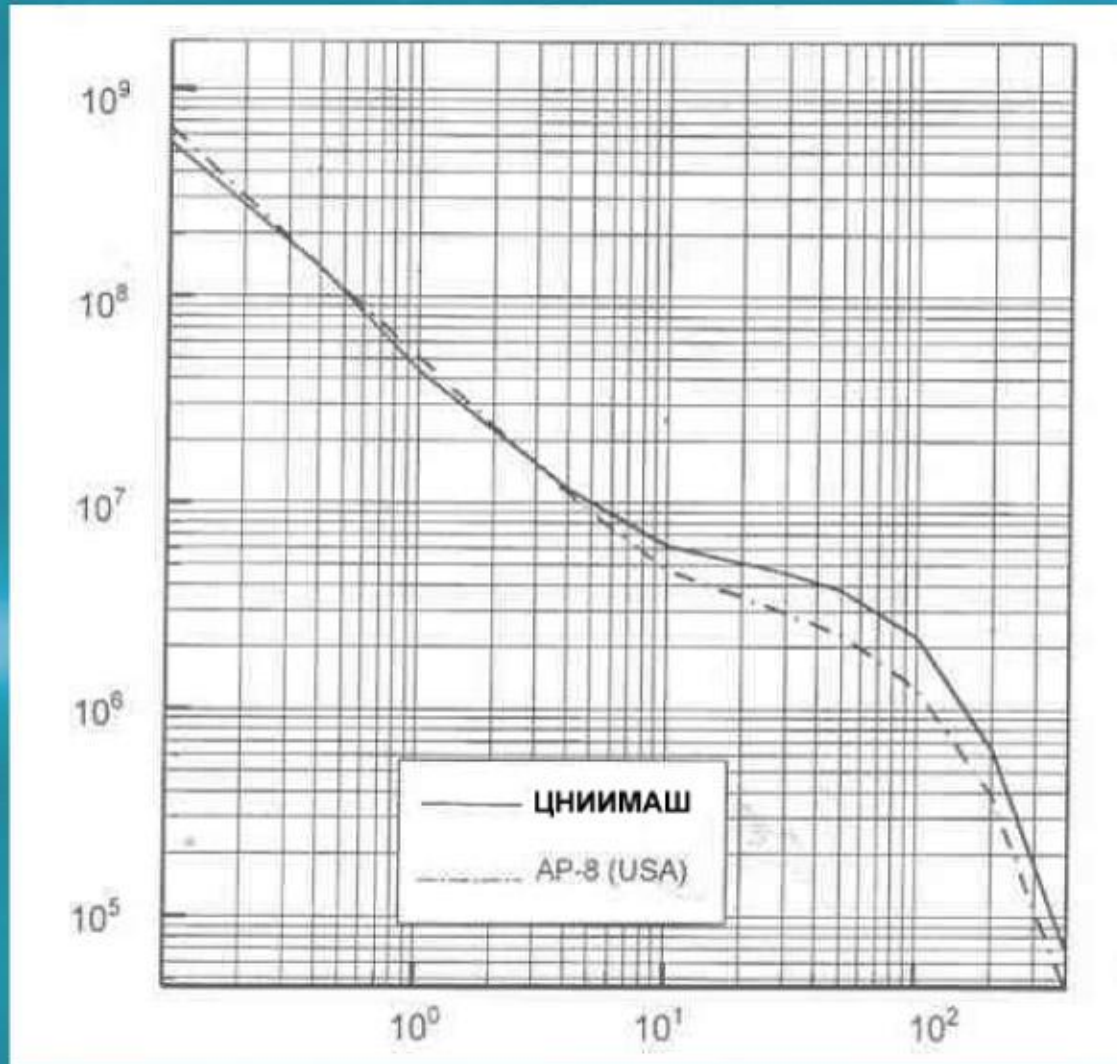
## Удельный выход мгновенных нейтронов и гамма-излучения

| Тип устройства          | Гамма-излучение,<br>квант/кт                     | Нейтроны, нейтрон/кт                             |   |
|-------------------------|--|--|---|
|                         | $E_\gamma > 0,1 \text{ МэВ}$                     | Полный поток                                     | $E_n > 0,1 \text{ МэВ}$                           |
| Атомное<br>Термоядерное | $(2-10) \cdot 10^{22}$<br>$\sim 6 \cdot 10^{22}$ | $(1-3) \cdot 10^{23}$<br>$(1,5-2) \cdot 10^{23}$ | $(0,8-1) \cdot 10^{23}$<br>$\sim 1 \cdot 10^{23}$ |

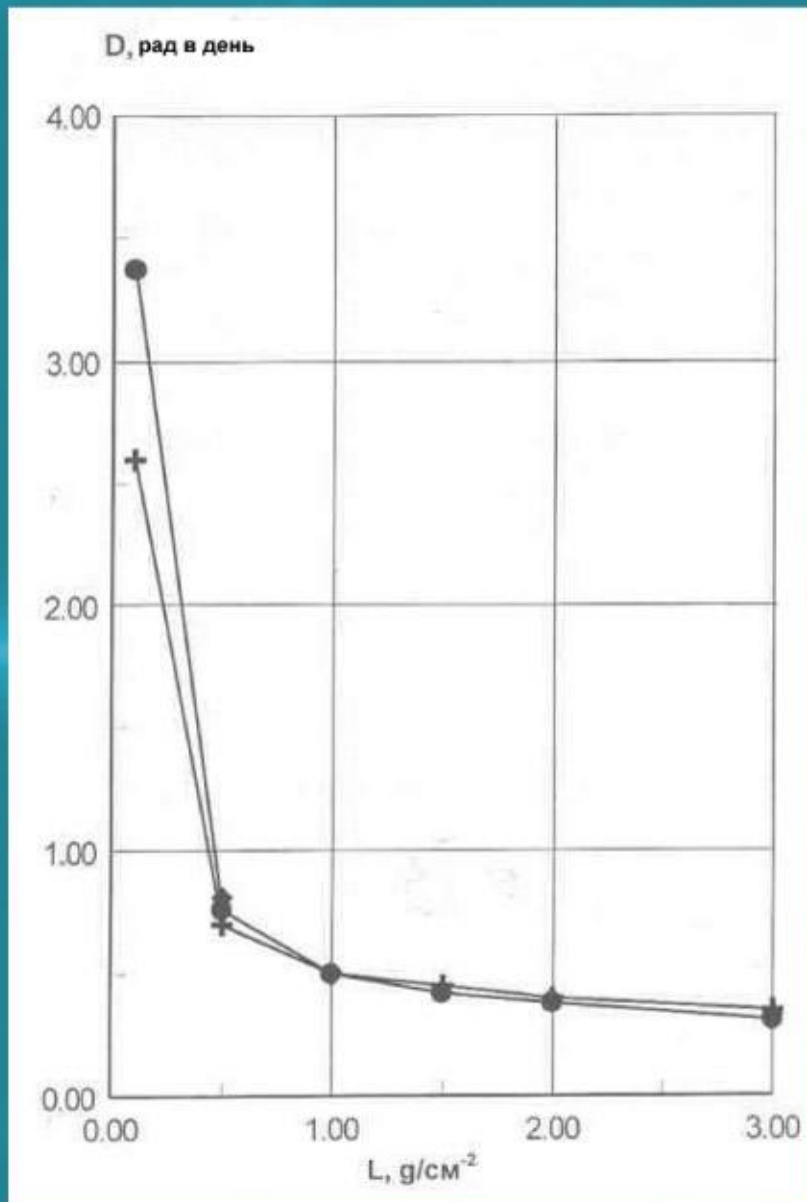




Спектр электронов на круговой орбите ( $H=500$  км,  $j=600$ )



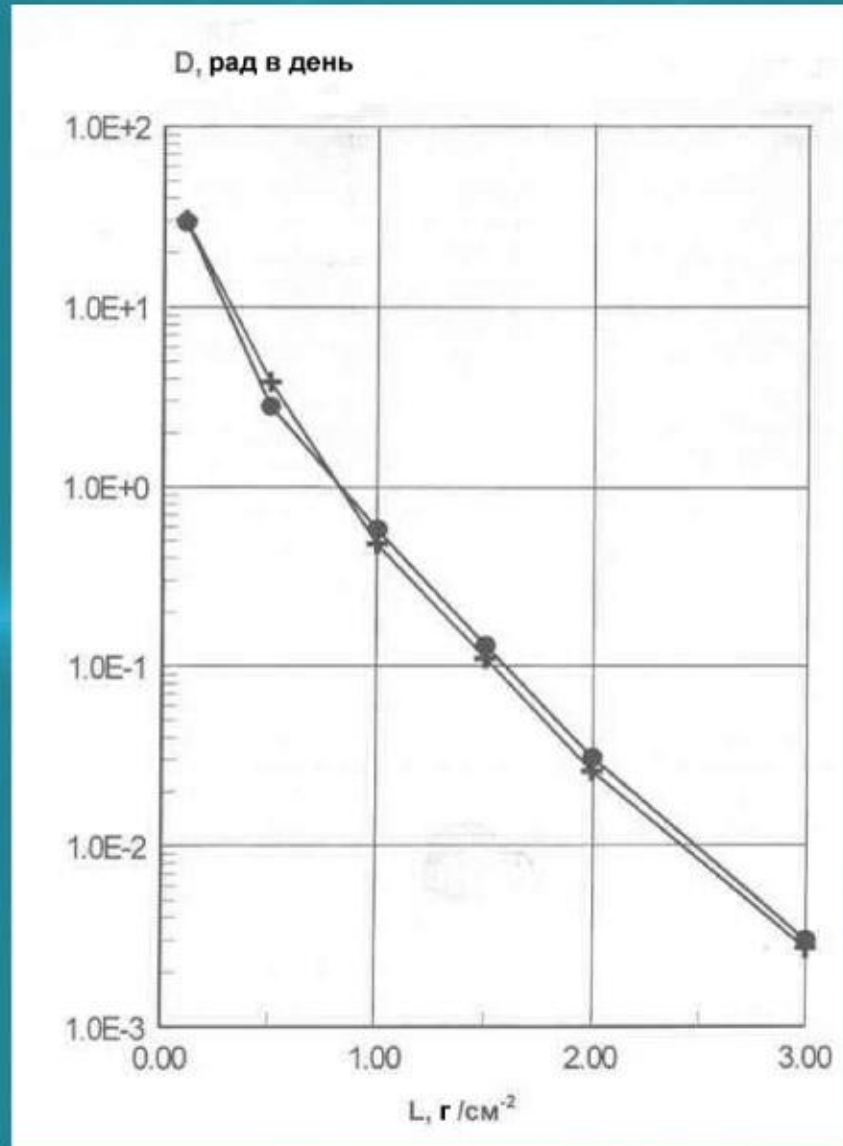
Спектр протонов на круговой орбите ( $H=500$  км,  $j=60^\circ$ )



Проникающие характеристики электронов в случае сферической защиты различной толщины  $L$  на круговой орбите ( $H=500$  км,  $j=60^\circ$ )

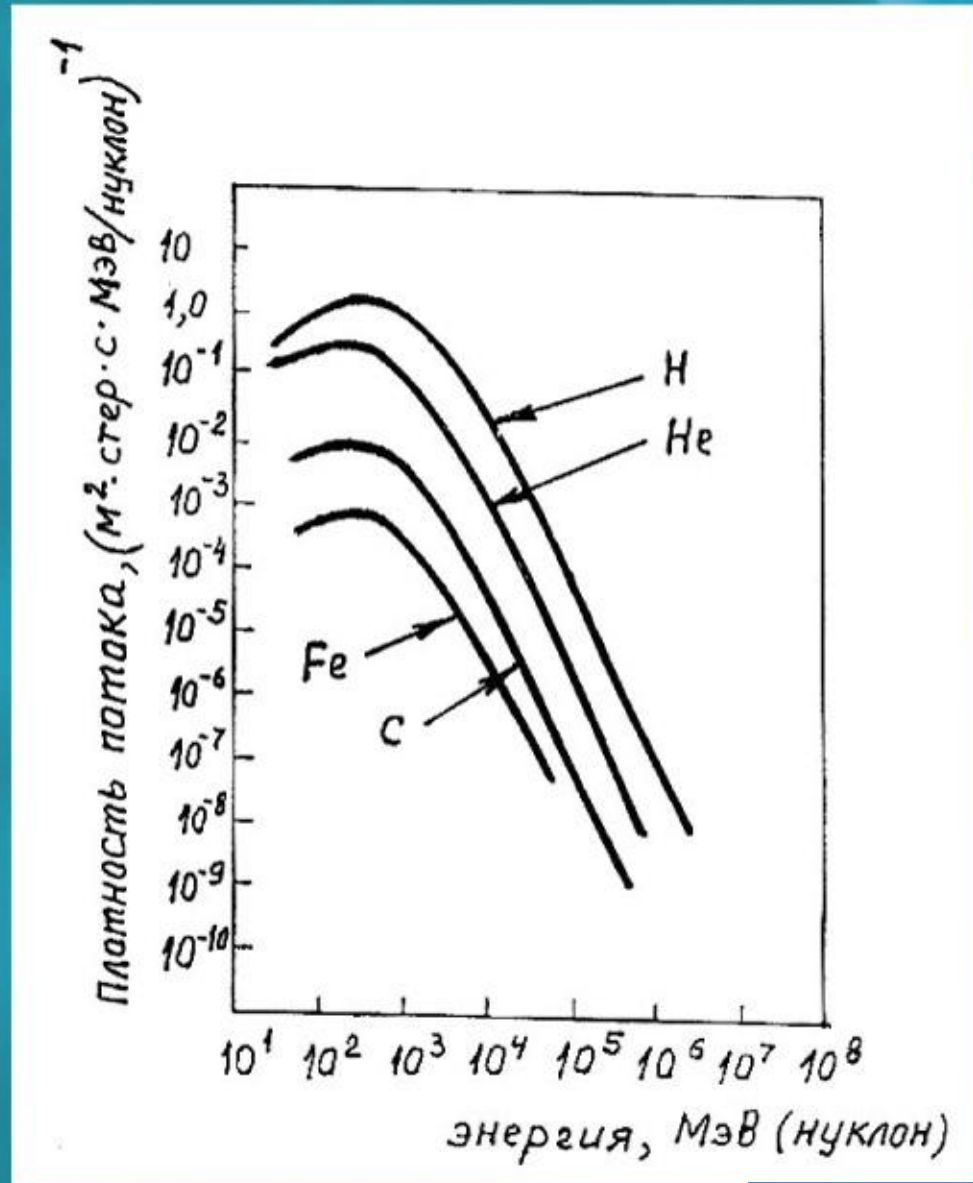
+ - ЦНИИМАШ

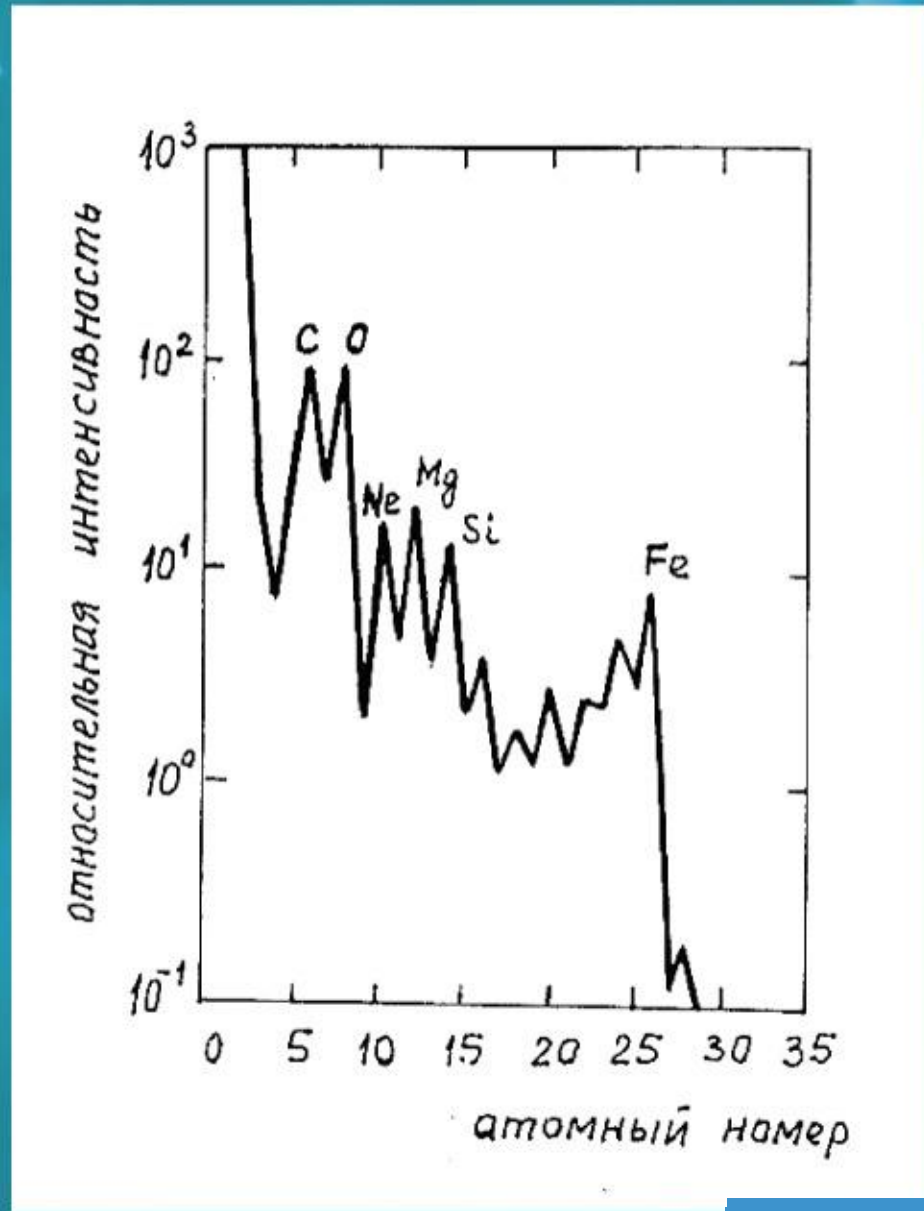
• - AE-8 (USA)



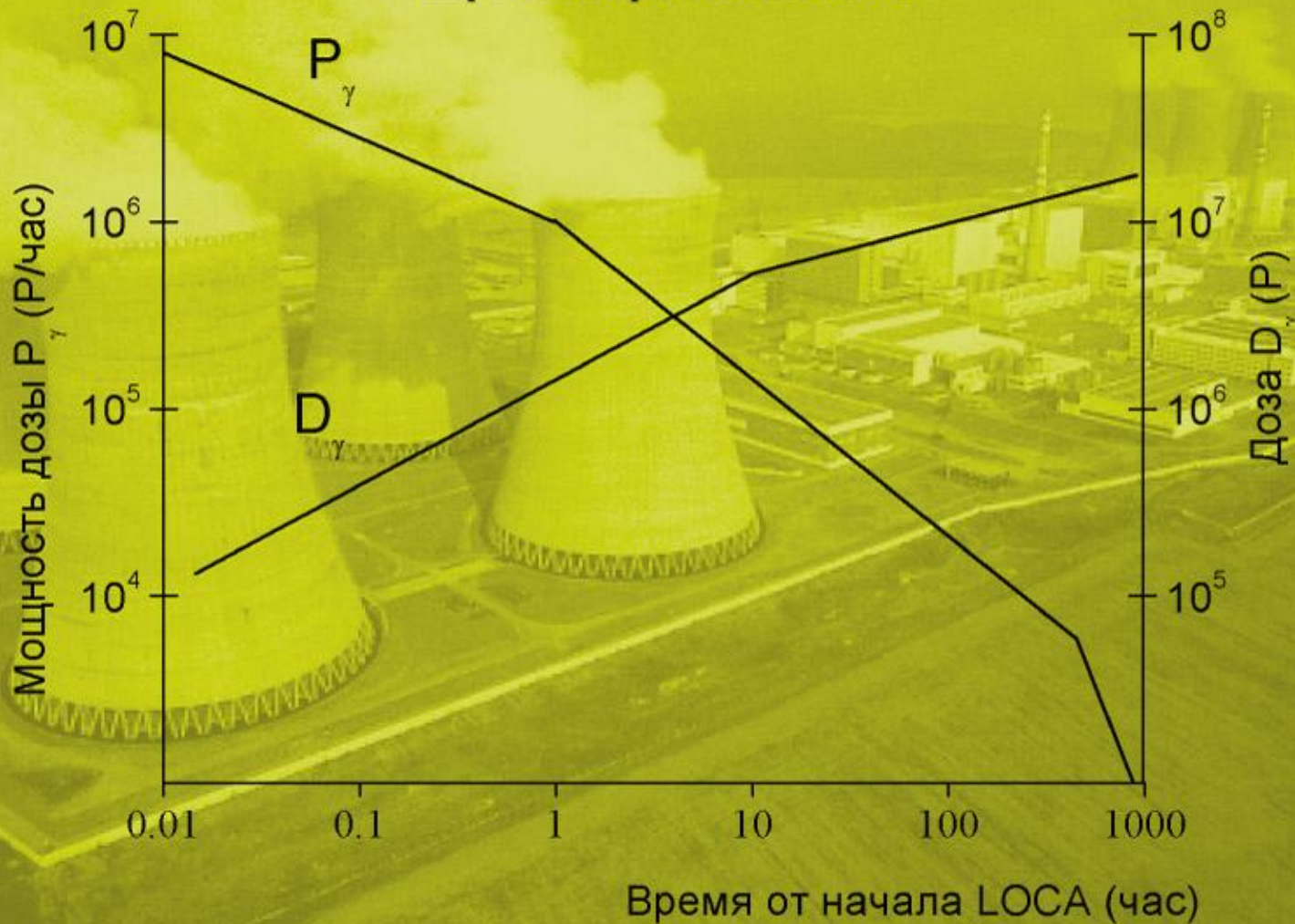
Проникающие характеристики протонов в случае сферической защиты различной толщины  $L$  на круговой орбите ( $H=500$  км,  $j=60^\circ$ )

- + - ЦНИИМАШ
- - AE-8 (USA)





LOCA – loss-of-coolant accident  
Авария с потерей теплоносителя



| Излучения               | Нормальная работа | Авария         |
|-------------------------|-------------------|----------------|
| Гамма*                  |                   |                |
| рад (Si)                | $10^3 - 10^8$     | $2 \cdot 10^4$ |
| рад (Si)/час            | $10^{-3} - 10^2$  | $10^6$         |
| Нейтроны**              |                   |                |
| н/см <sup>2</sup>       | $10^9 - 10^{14}$  | —              |
| н/(см <sup>2</sup> · с) | $10^0 - 10^5$     | —              |
| Электроны/протоны       |                   |                |
| рад (Si)                | —                 | $2 \cdot 10^8$ |
| Температура             |                   |                |
| °С                      | —                 | 260            |
| Влажность               |                   |                |
| % RH при 20 °С          | 10-100            | 100            |

\* Гамма-доза:  $10^8$  между первичной и вторичной защитой;  
 $10^6$  за вторичной защитой.

\*\* Энергия нейтронного излучения за вторичной защитой 100 кэВ.  
 Количество повреждений от нейтронов 100 кэВ меньше в 10-20 раз  
 чем от нейтронов 1 МэВ