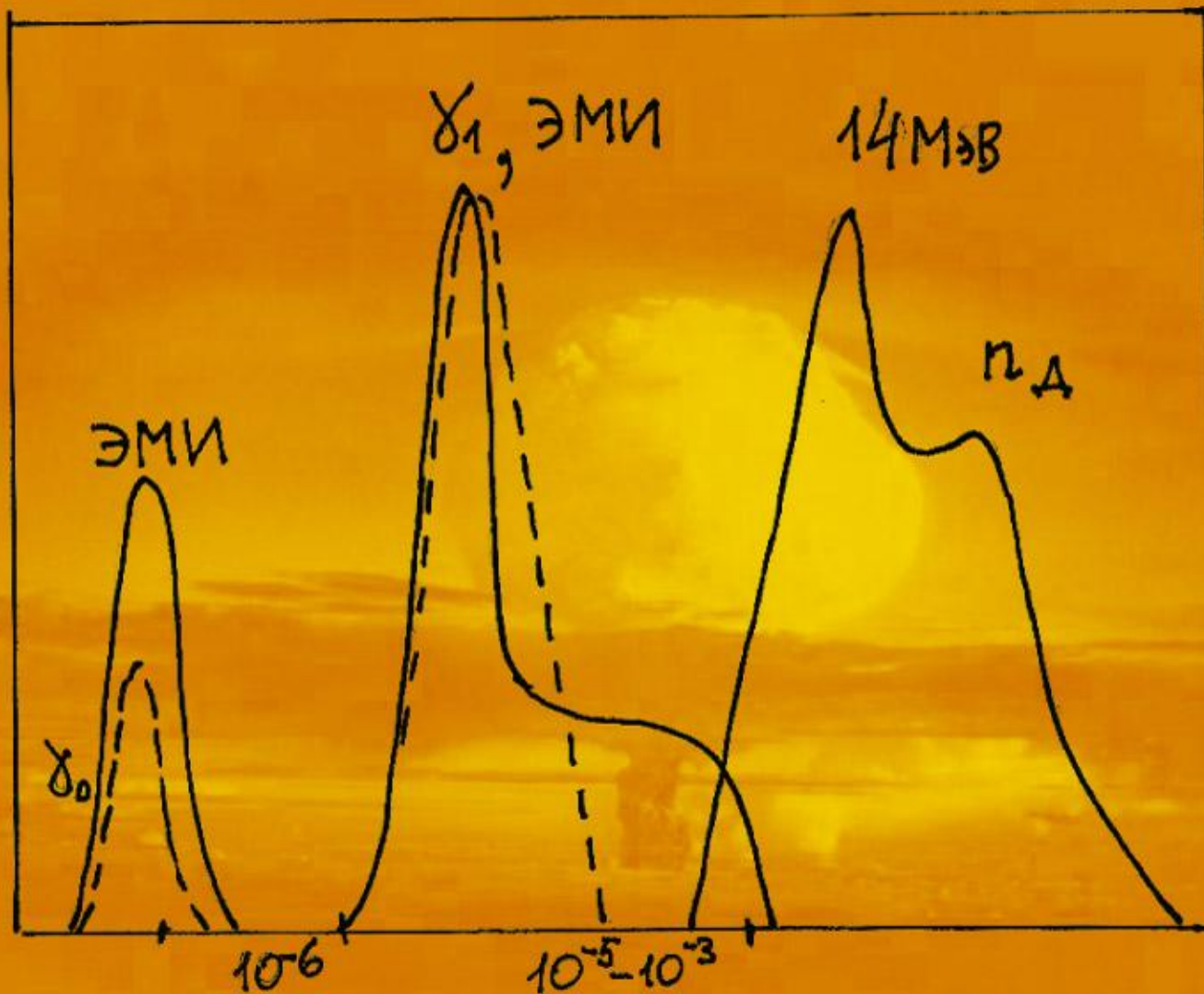
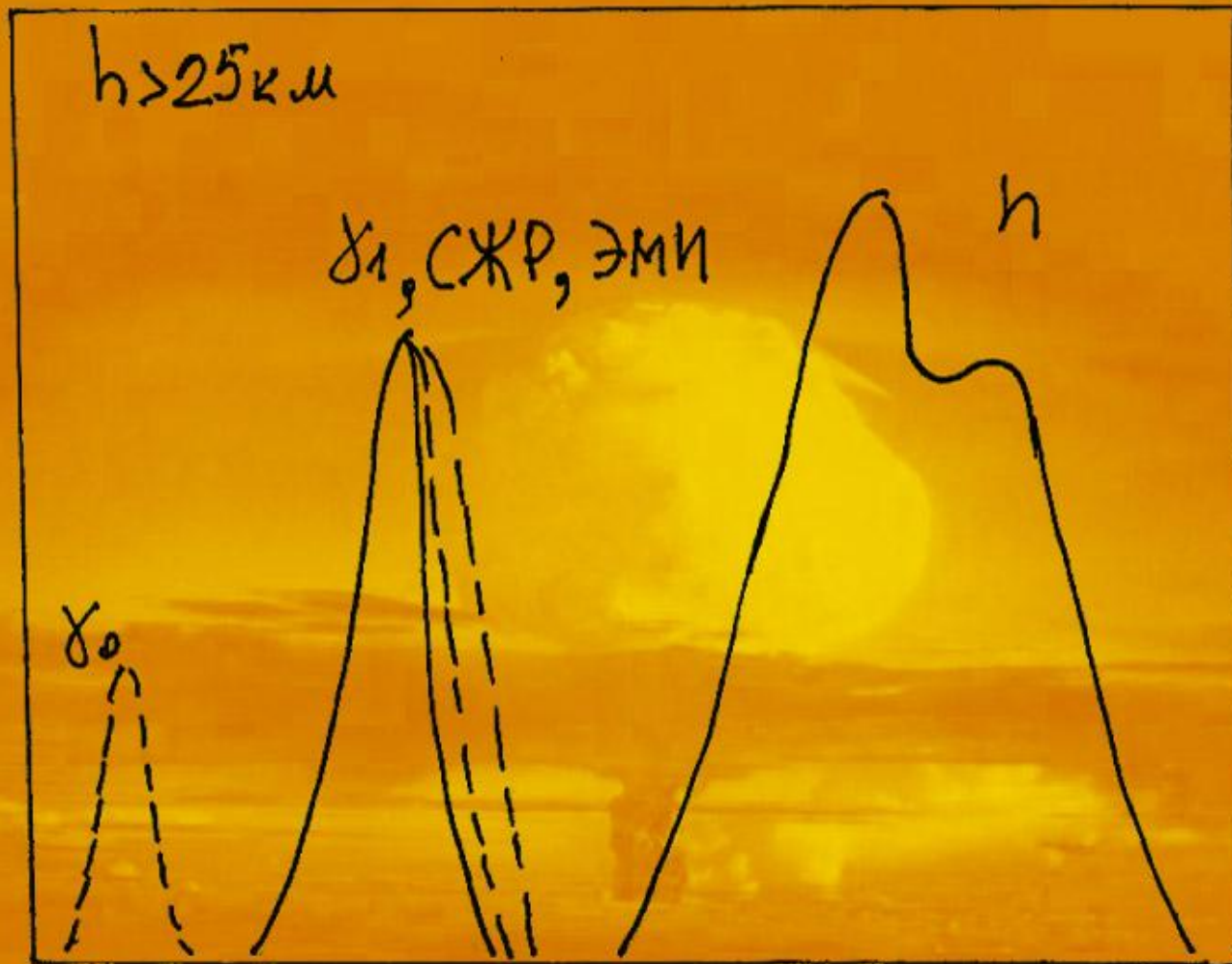


Базовые механизмы формирования радиационных  
Эффектов в ППП, ИС и РЭА

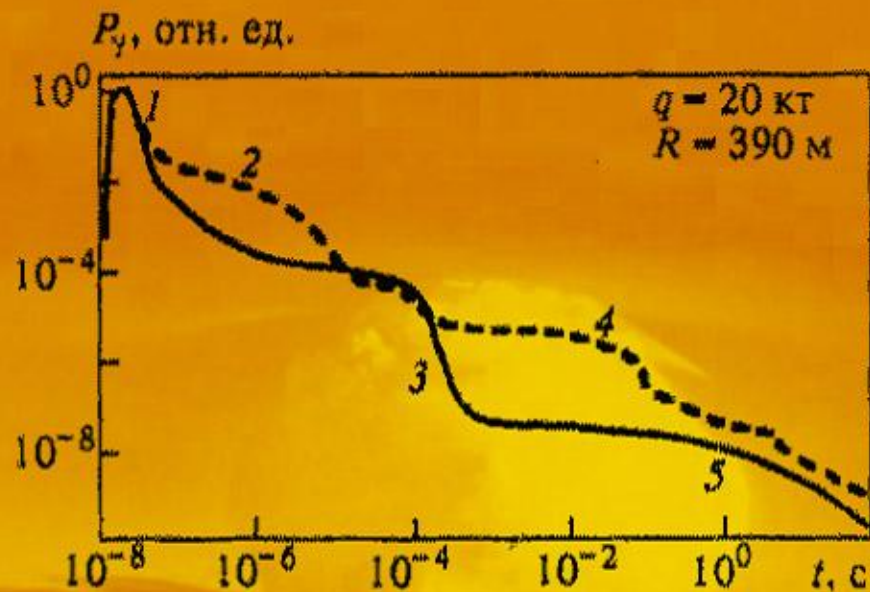
УЛИМОВ В.Н.

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

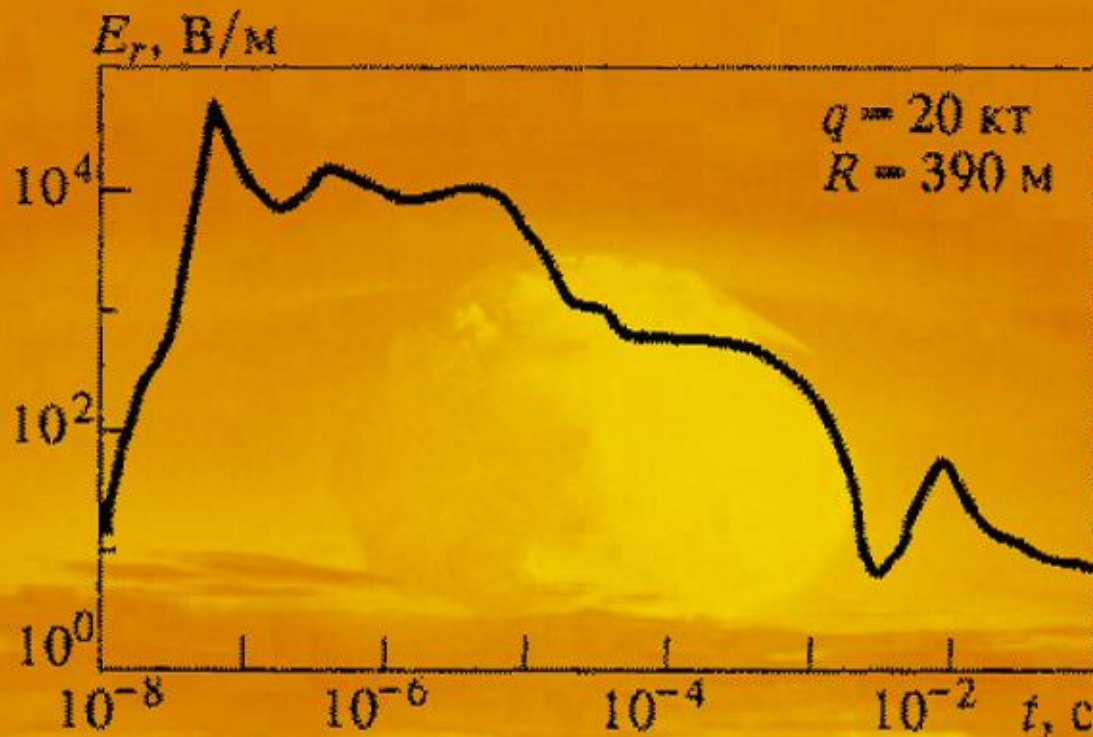




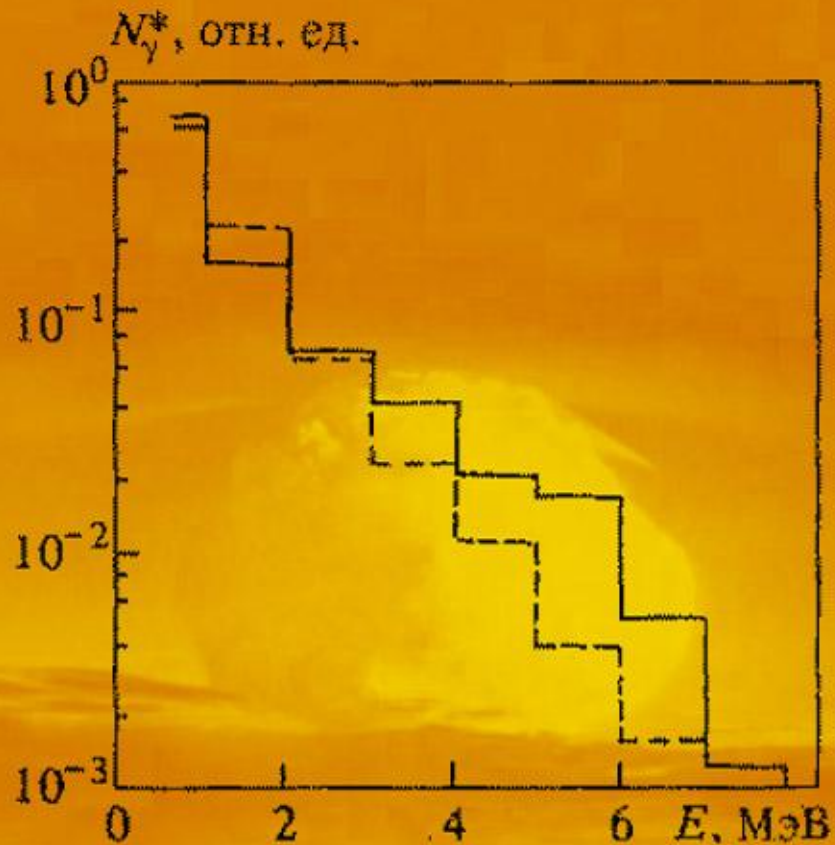




Временная форма гамма-излучения высотного (сплошная линия) и наземного (штриховая линия) атомного взрыва : 1 — мгновенный компонент; 2 — гамма-излучение, рождаемое в актах неупругого рассеяния нейтронов; 3 — изомерное излучение; 4 — излучение, рождаемое в актах захвата нейтронов; 5 — осколочное излучение



Временная форма радиального компонента ЭМИ наземного атомного взрыва



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



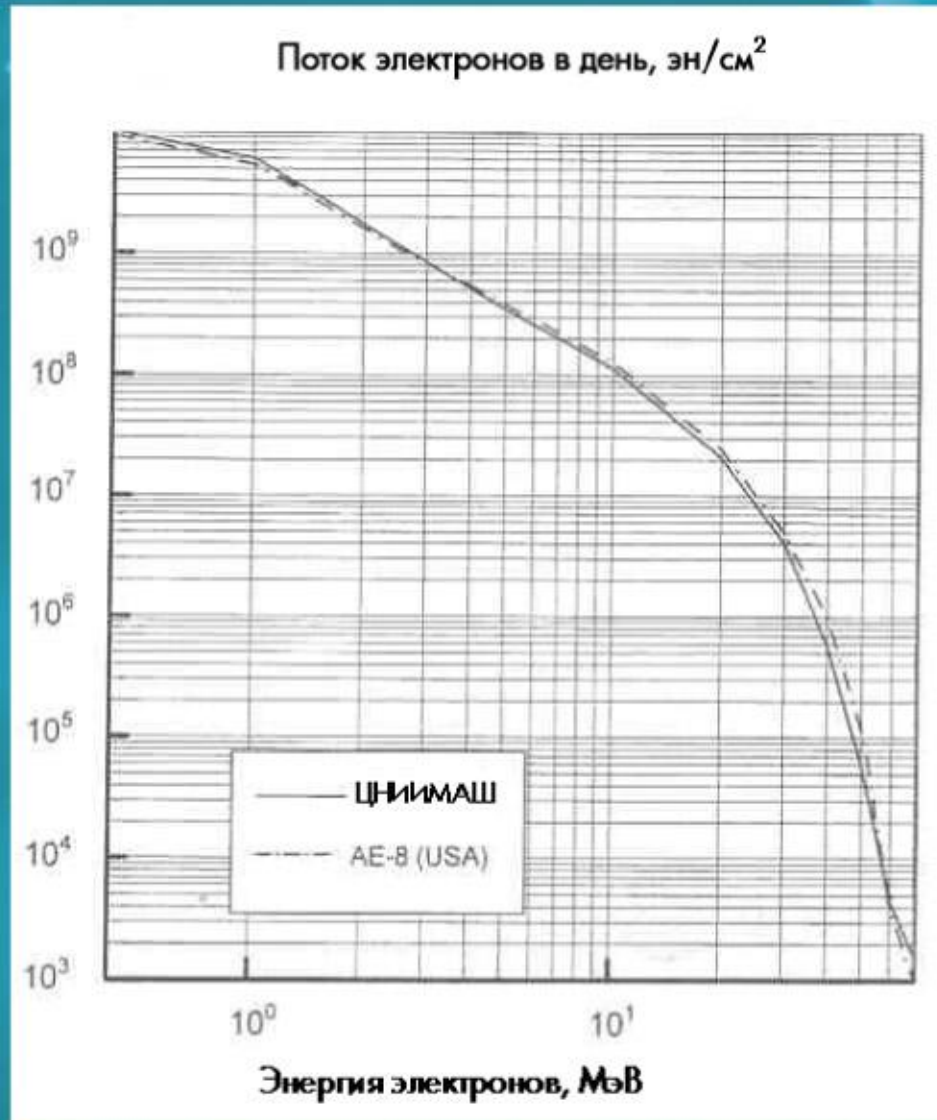
Энергетическое распределение быстрых нейтронов, выходящих с поверхности термоядерного взрывного устройства

$E_n$ , 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

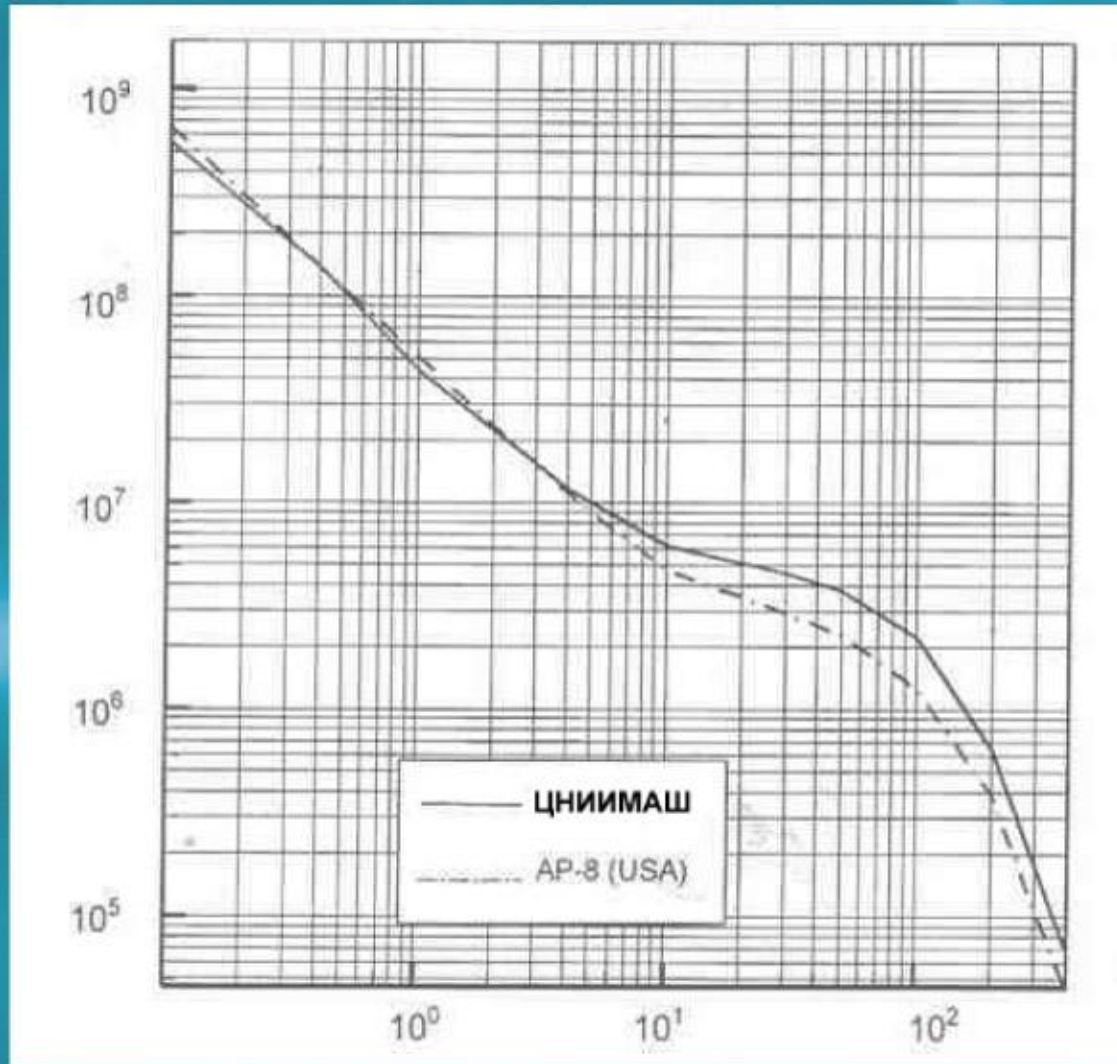
## Удельный выход мгновенных нейтронов и гамма-излучения

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

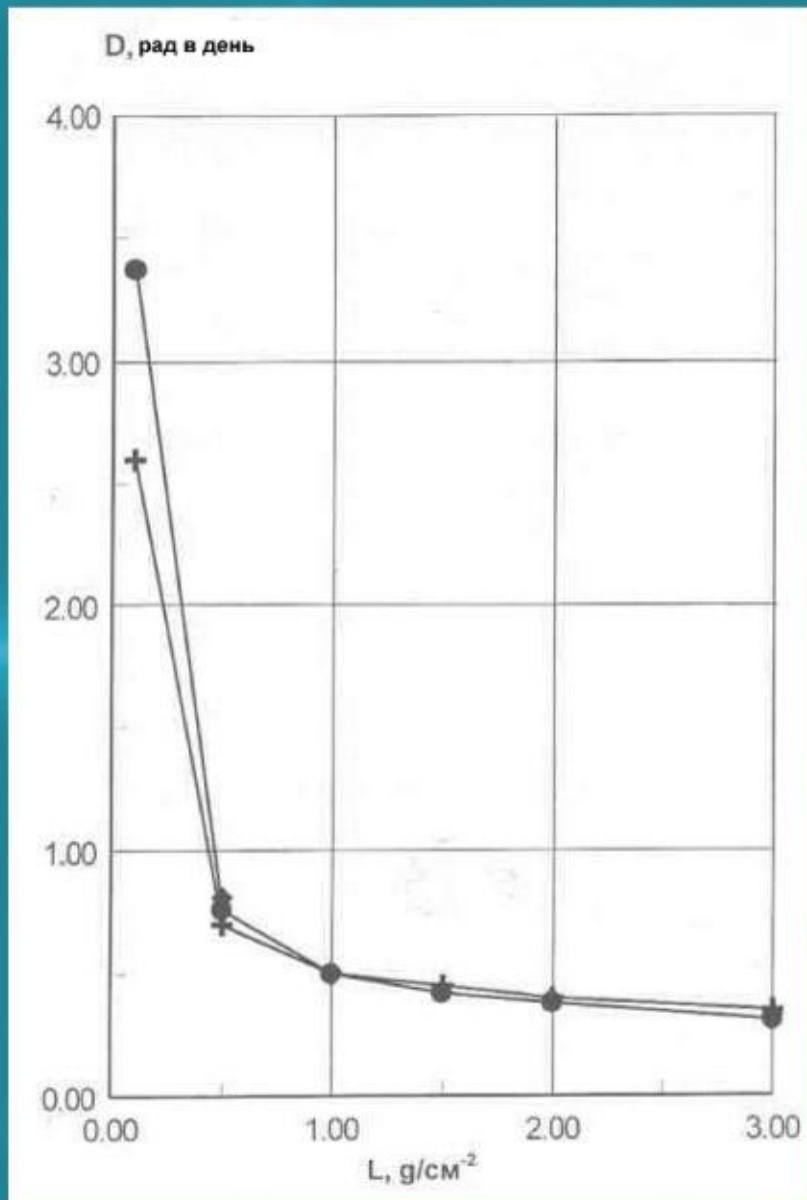




Спектр электронов на круговой орбите (H=500 км, j=60o)



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

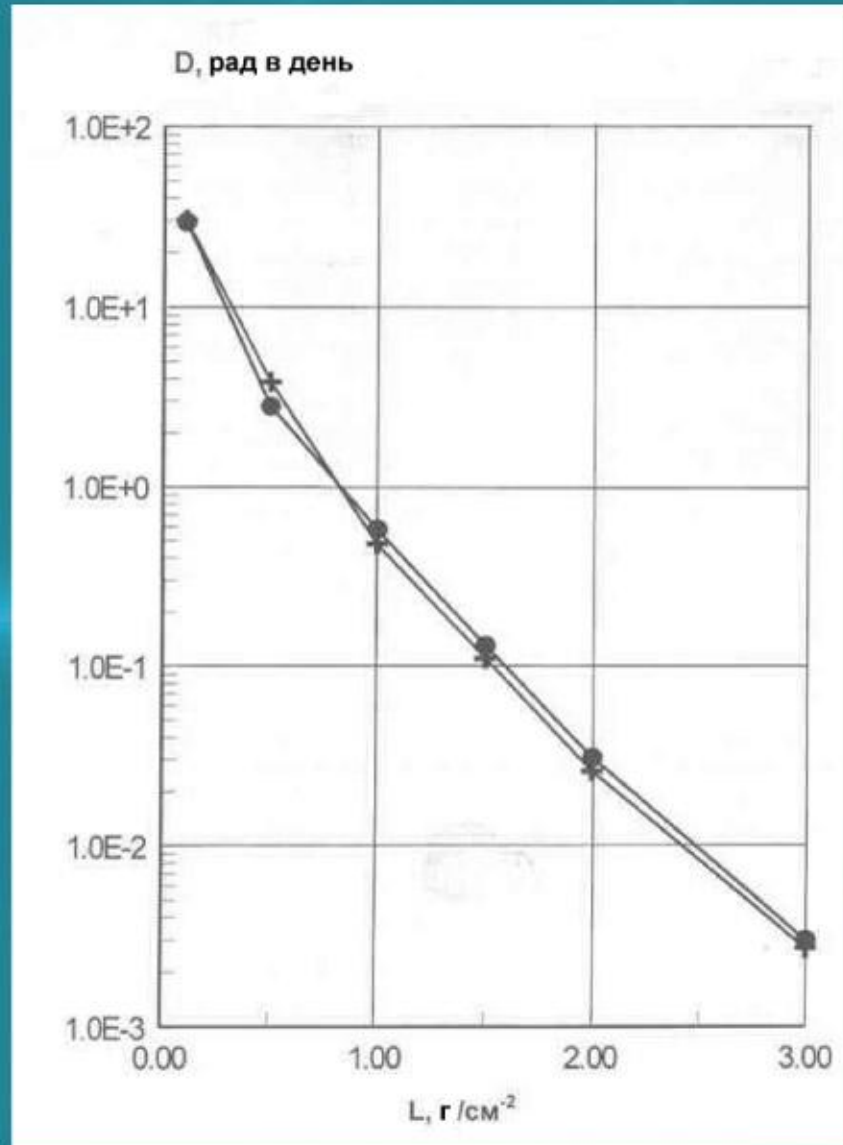


Проникающие характеристики электронов в случае сферической защиты различной толщины  $L$  на круговой орбите ( $H=500$  км,  $j=60^\circ$ )

+ - ЦНИИМАШ

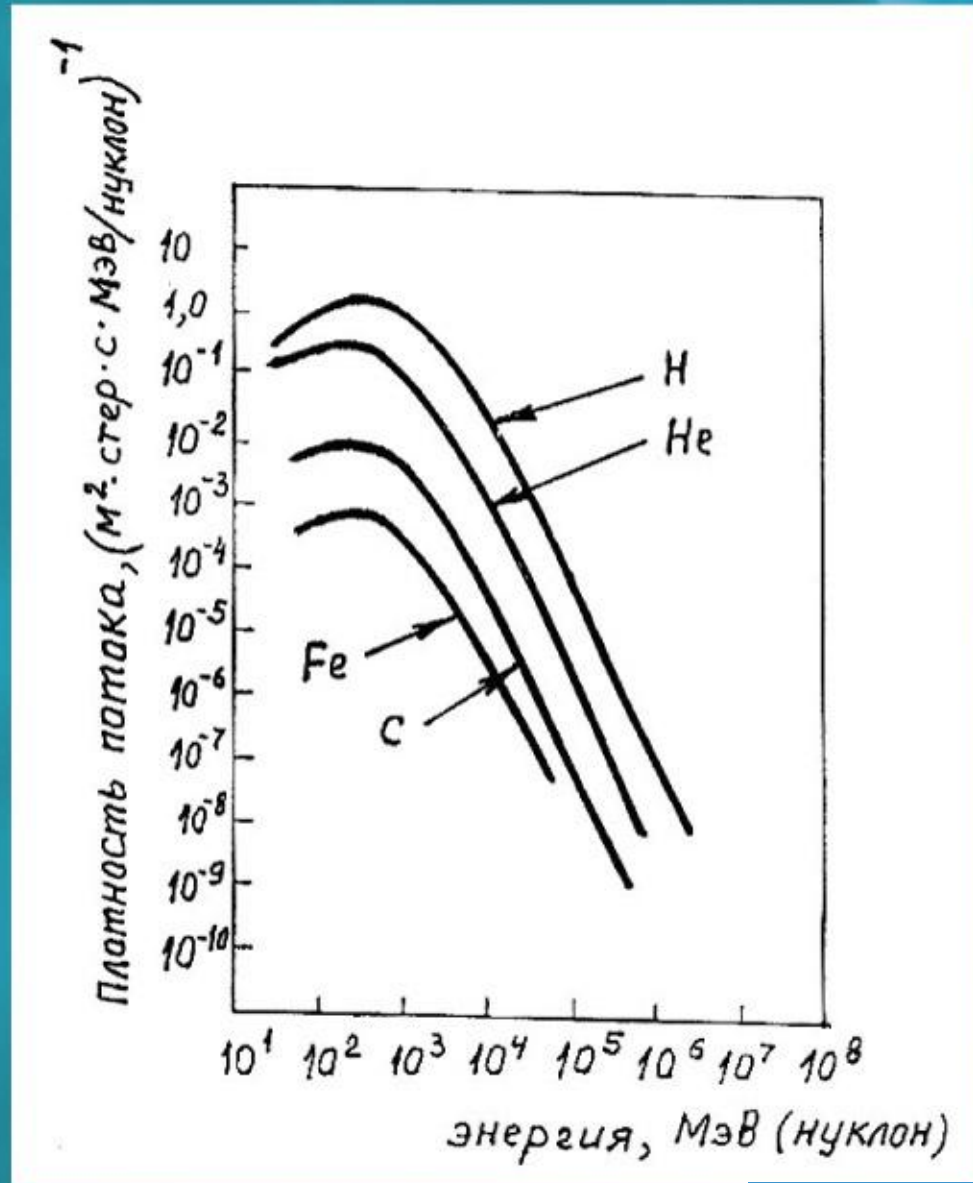
• - AE-8 (USA)

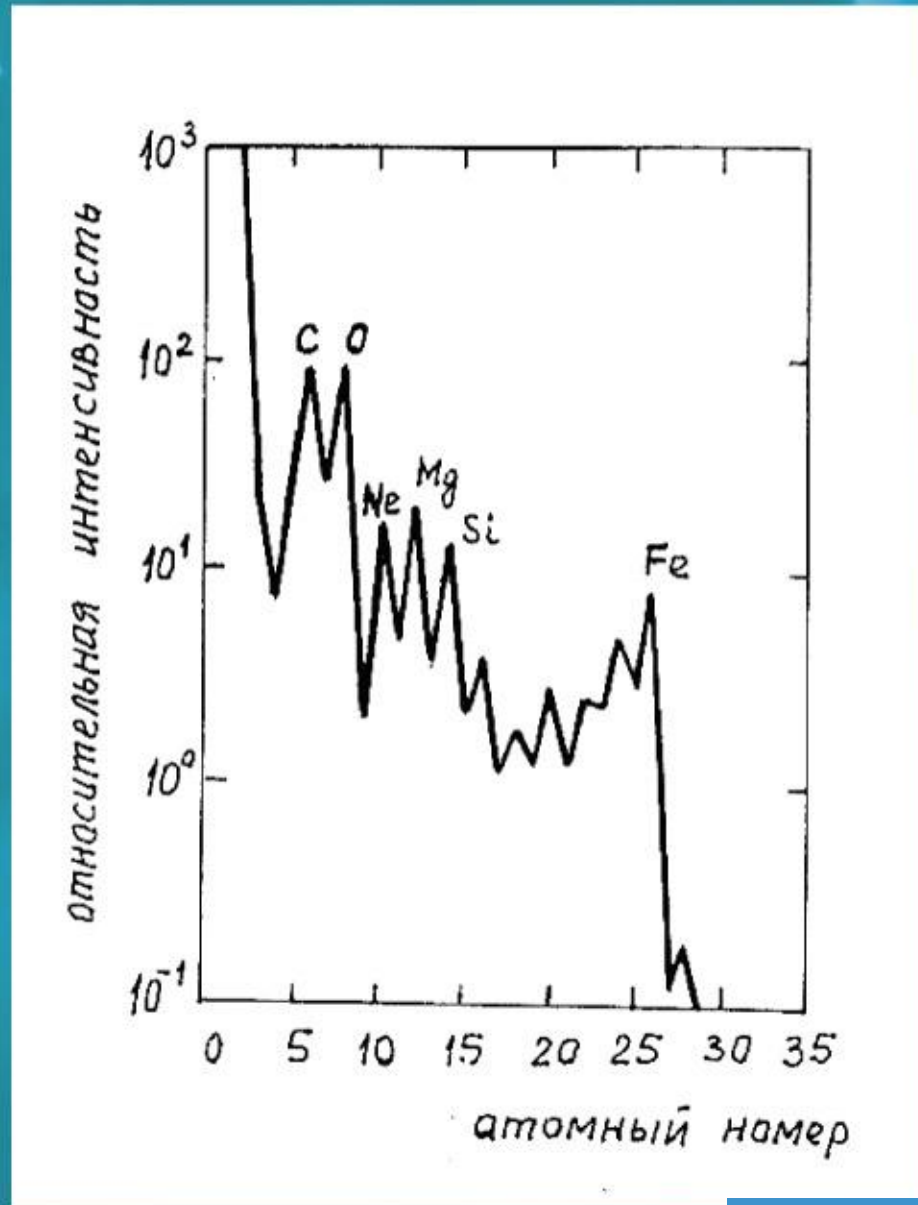




Проникающие характеристики протонов в случае сферической защиты различной толщины  $L$  на круговой орбите ( $H=500$  км,  $j=60^\circ$ )

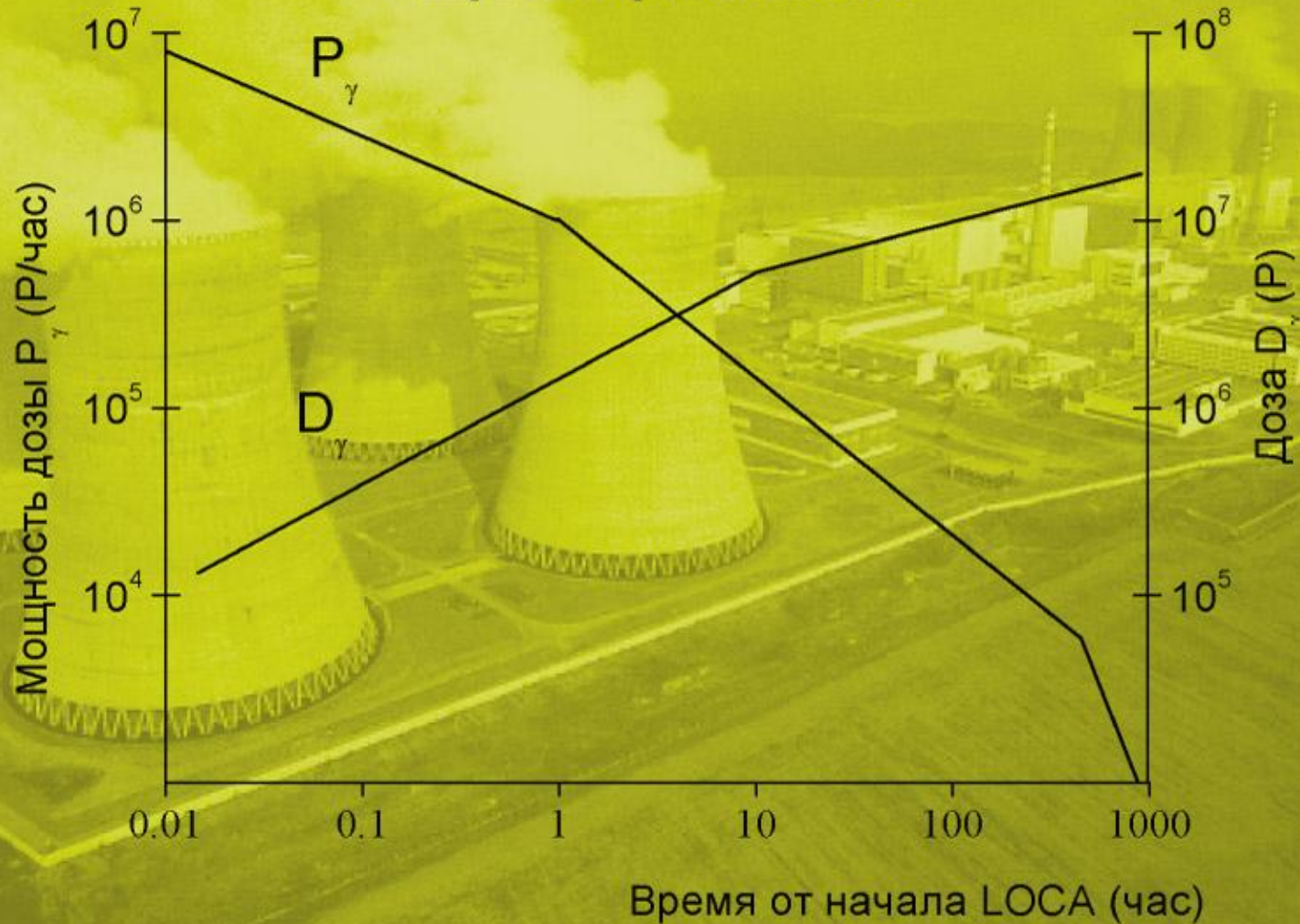
- + - ЦНИИМАШ
- - AE-8 (USA)







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