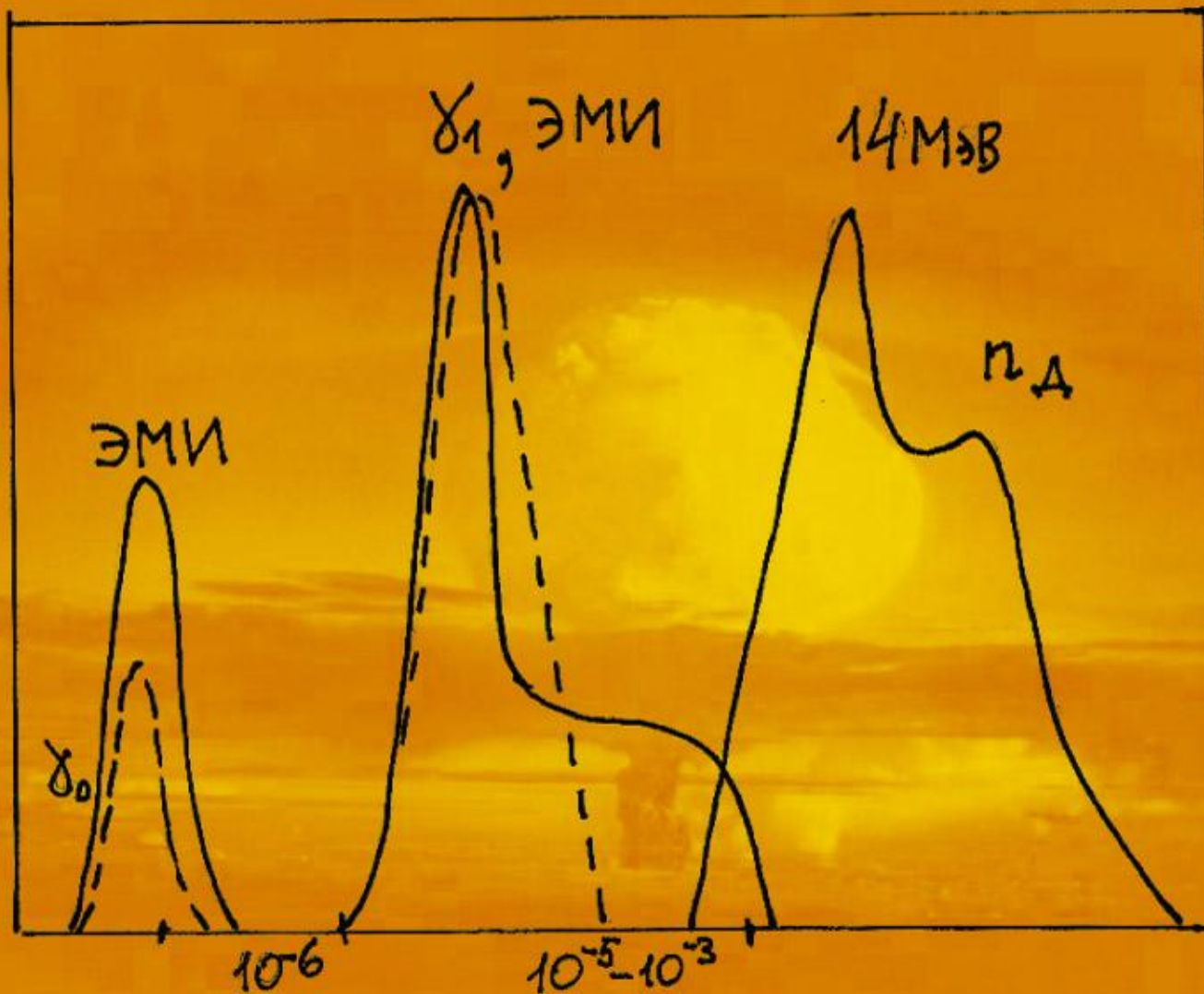


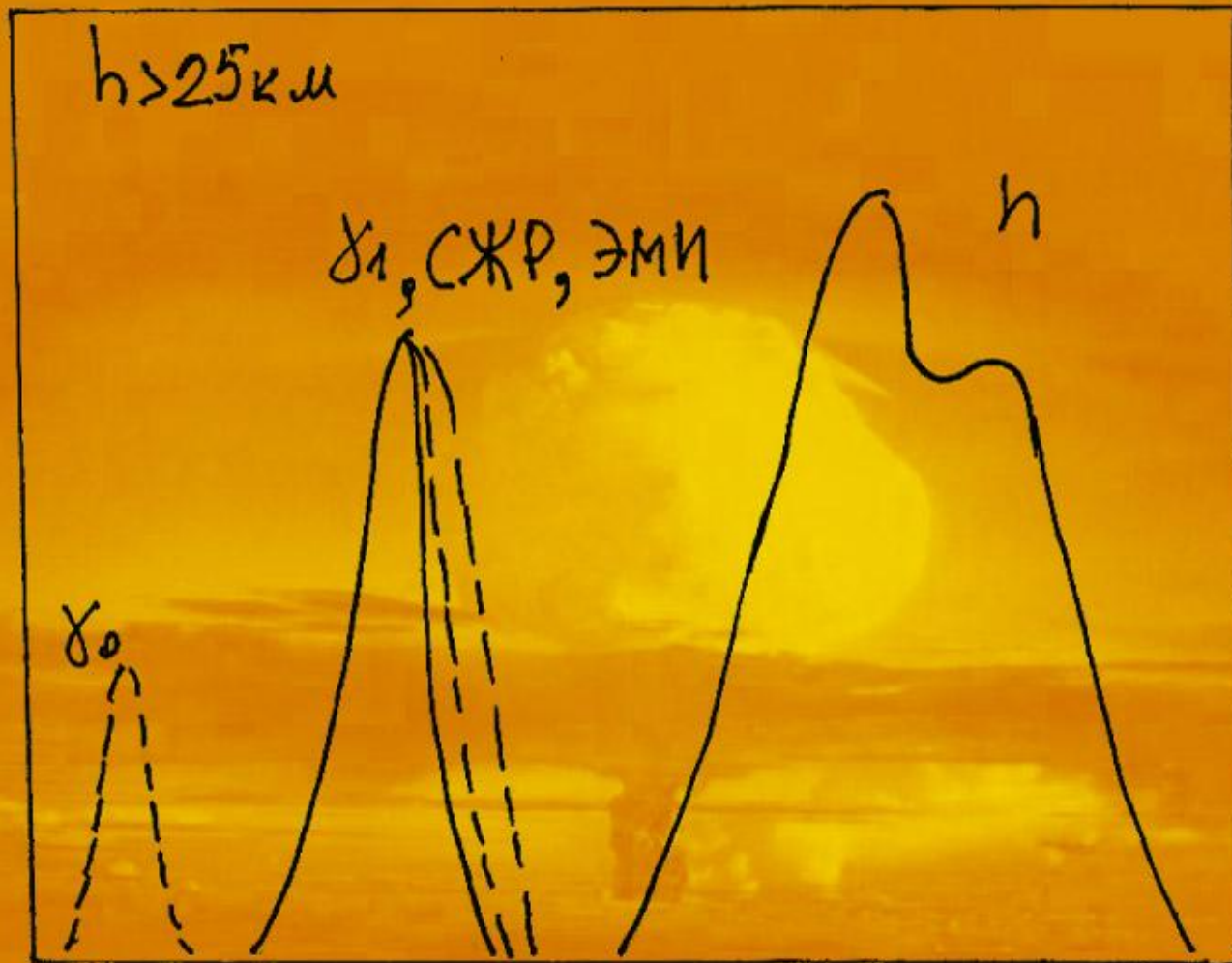
КРАТКИЙ КУРС.

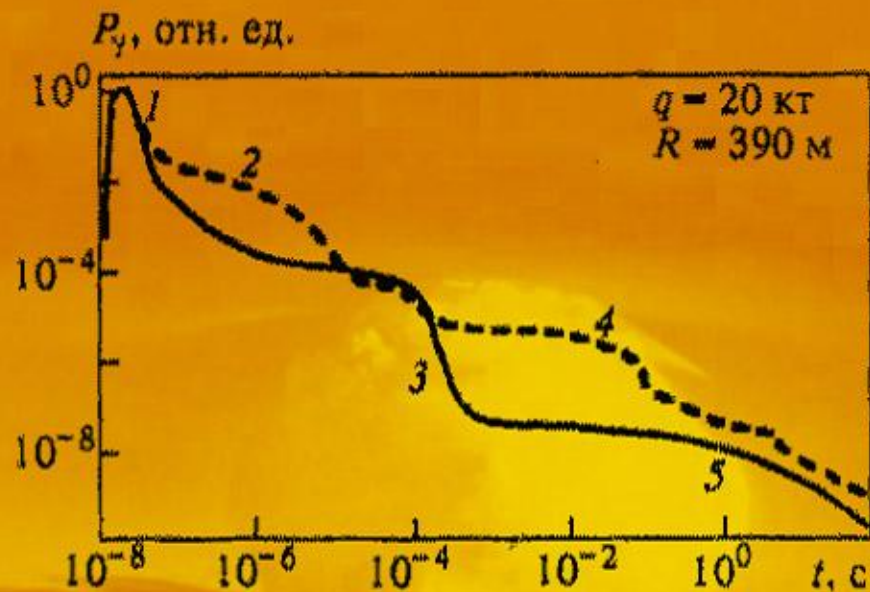
Базовые механизмы формирования радиационных
Эффектов в ППП, ИС и РЭА

УЛИМОВ В.Н.

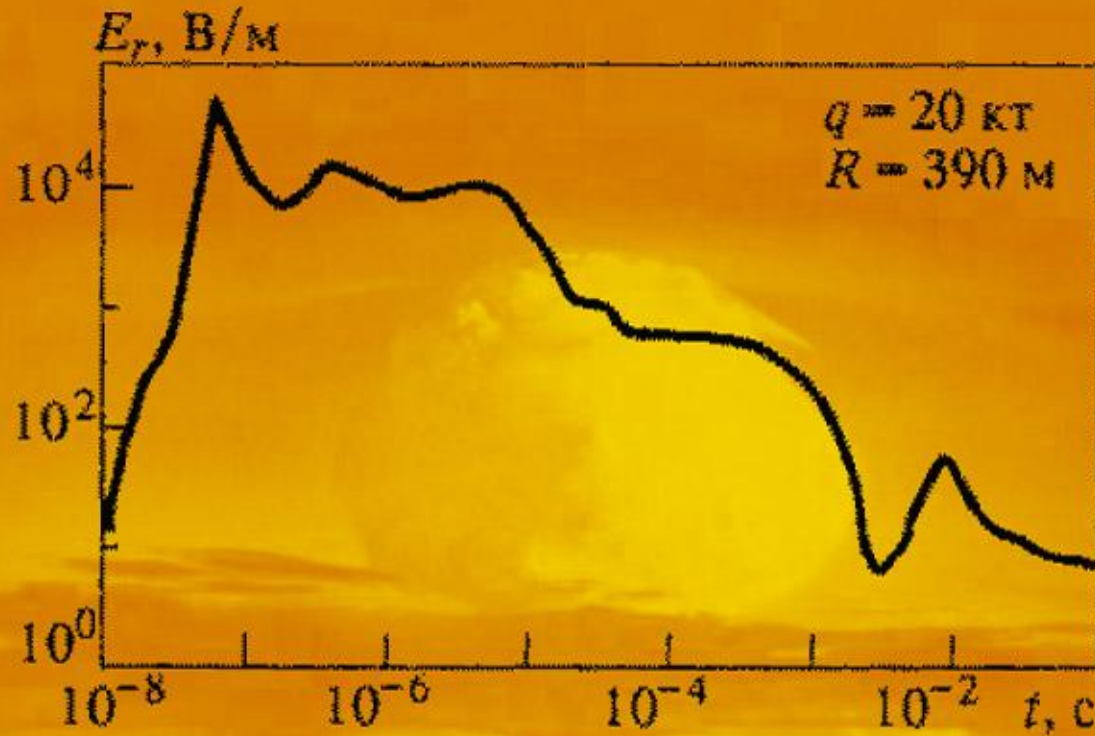
**Ионизирующие излучения
ядерного взрыва (ЯВ),
Космического пространства (КП),
ядерных энергетических установок (ЯЭУ)
и аварий на АЭС (ЛОСА)**



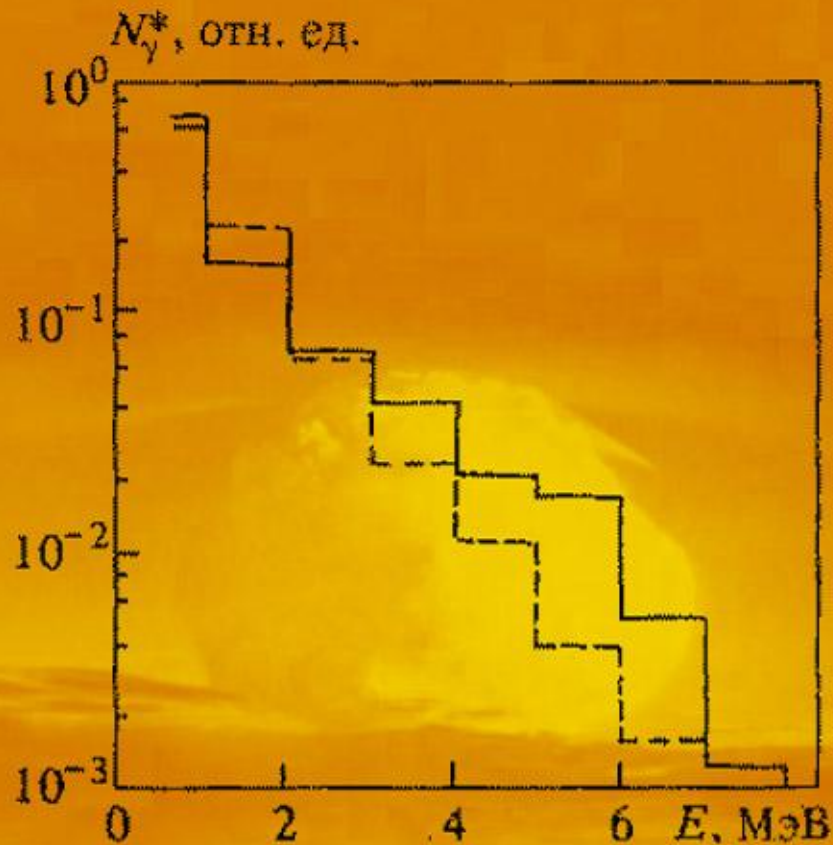




Временная форма гамма-излучения высотного (сплошная линия) и наземного (штриховая линия) атомного взрыва : 1 — мгновенный компонент; 2 — гамма-излучение, рождаемое в актах неупругого рассеяния нейтронов; 3 — изомерное излучение; 4 — излучение, рождаемое в актах захвата нейтронов; 5 — осколочное излучение



Временная форма радиального компонента ЭМИ наземного атомного взрыва



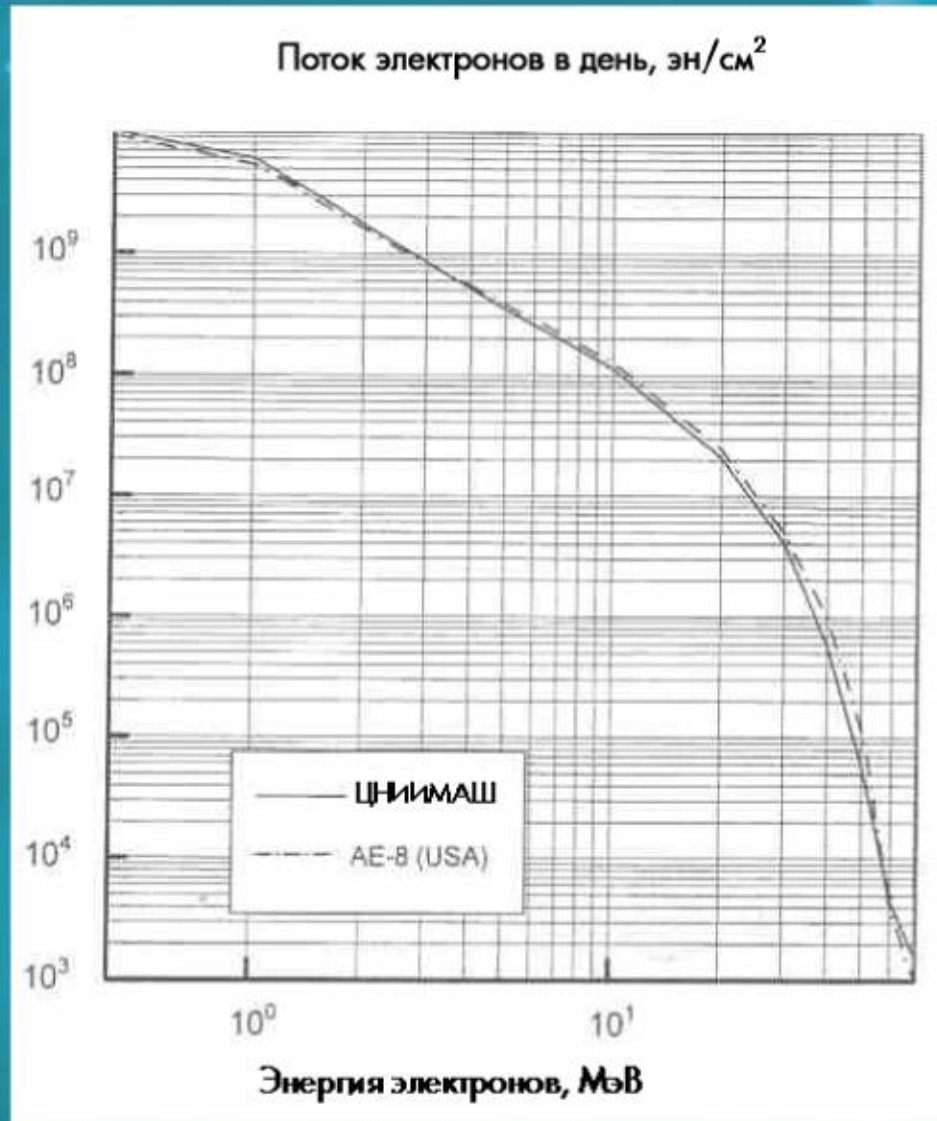
Нормализованный энергетический спектр гамма-квантов, выходящих из конструкции ядерного взрывного устройства: сплошная линия — мгновенное гамма-излучение плутониевого заряда ; штриховая — гамма-излучение деления плутония

Энергетическое распределение быстрых нейтронов, выходящих с поверхности термоядерного взрывного устройства

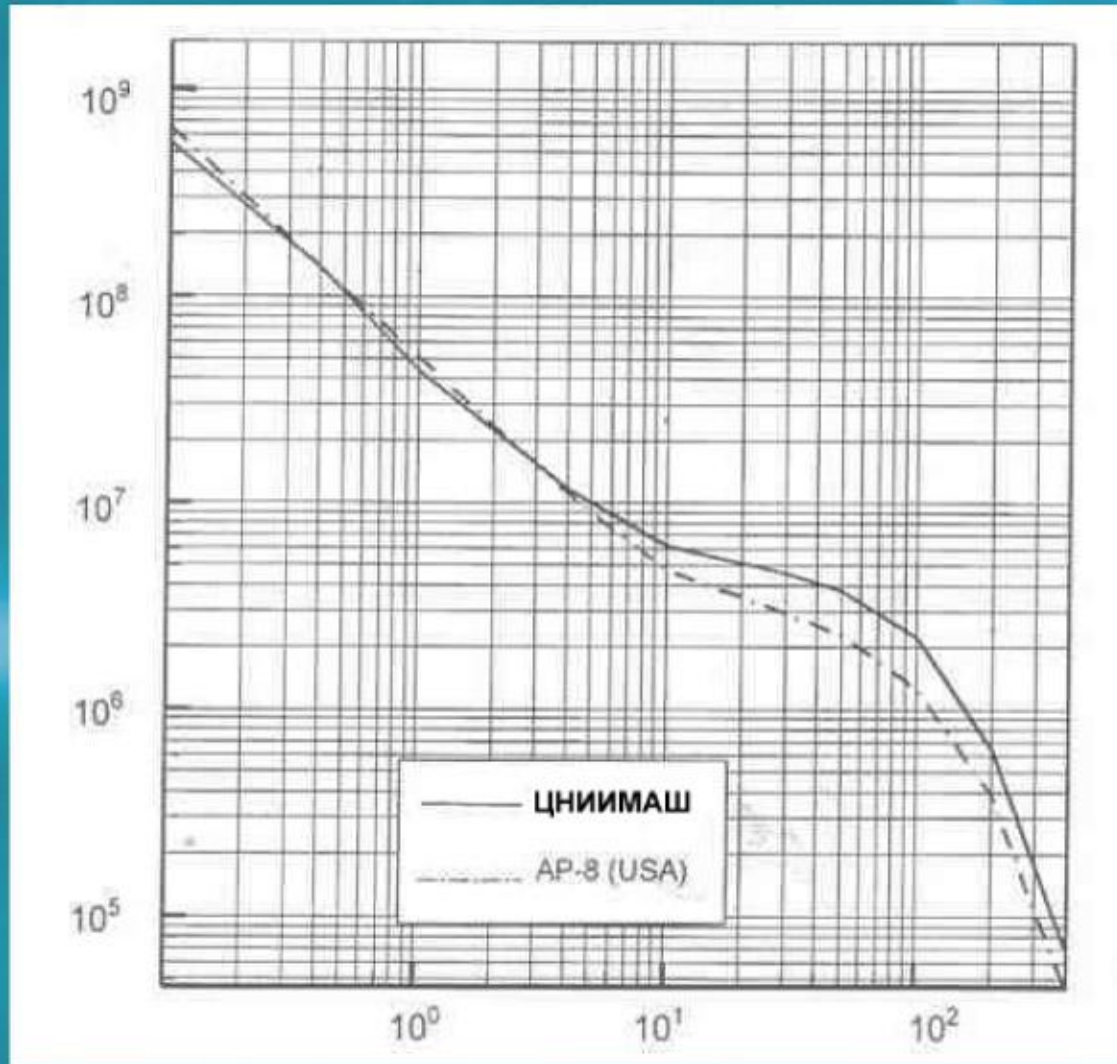
E_n , МэВ	Доля, %
12,2—14,2	14,9
10,0—12,2	5,3
8,18—10,0	2,9
6,36—8,18	3,3
4,06—6,36	6,6
2,35—4,06	11,0
1,11—2,35	18,0
0,111—1,11	38,0

Удельный выход мгновенных нейтронов и гамма-излучения

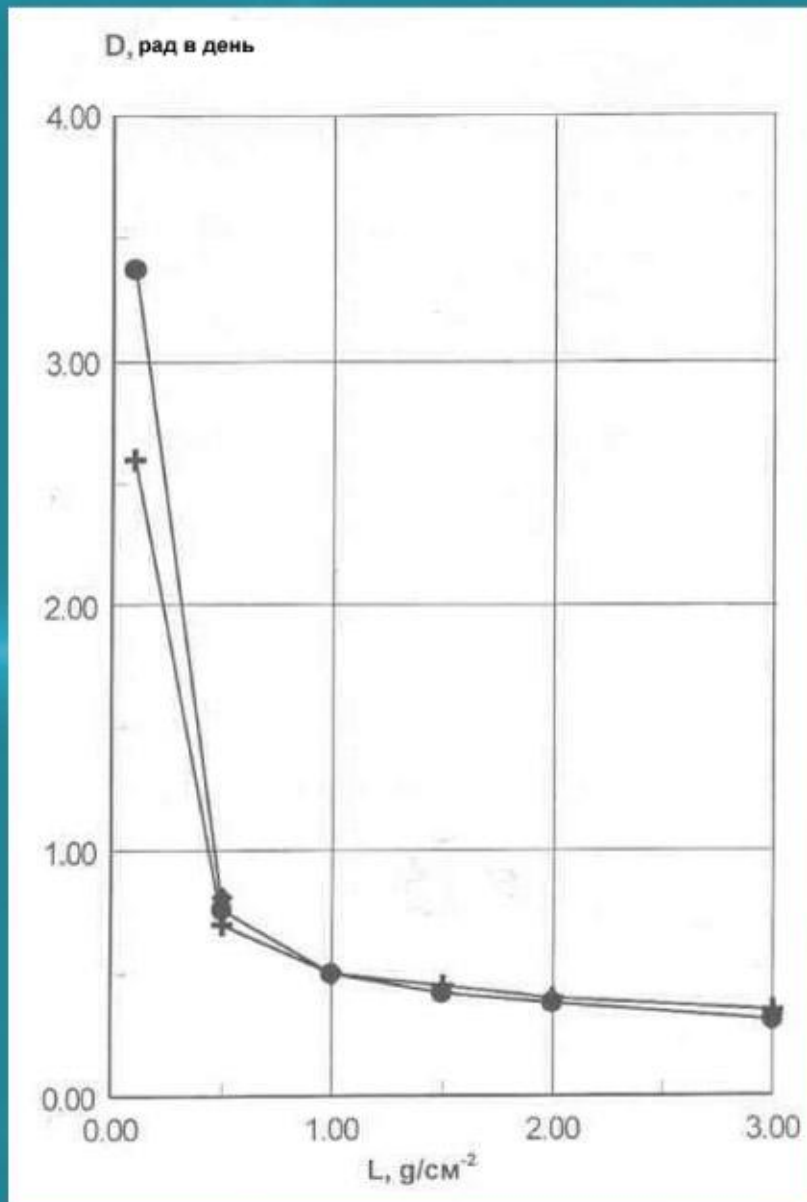
Тип устройства	Гамма-излучение, квант/кт	Нейтроны, нейтрон/кт	
	$E_\gamma > 0,1 \text{ МэВ}$	Полный поток	$E_n > 0,1 \text{ МэВ}$
Атомное Термоядерное	$(2-10) \cdot 10^{22}$ $\sim 6 \cdot 10^{22}$	$(1-3) \cdot 10^{23}$ $(1,5-2) \cdot 10^{23}$	$(0,8-1) \cdot 10^{23}$ $\sim 1 \cdot 10^{23}$



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



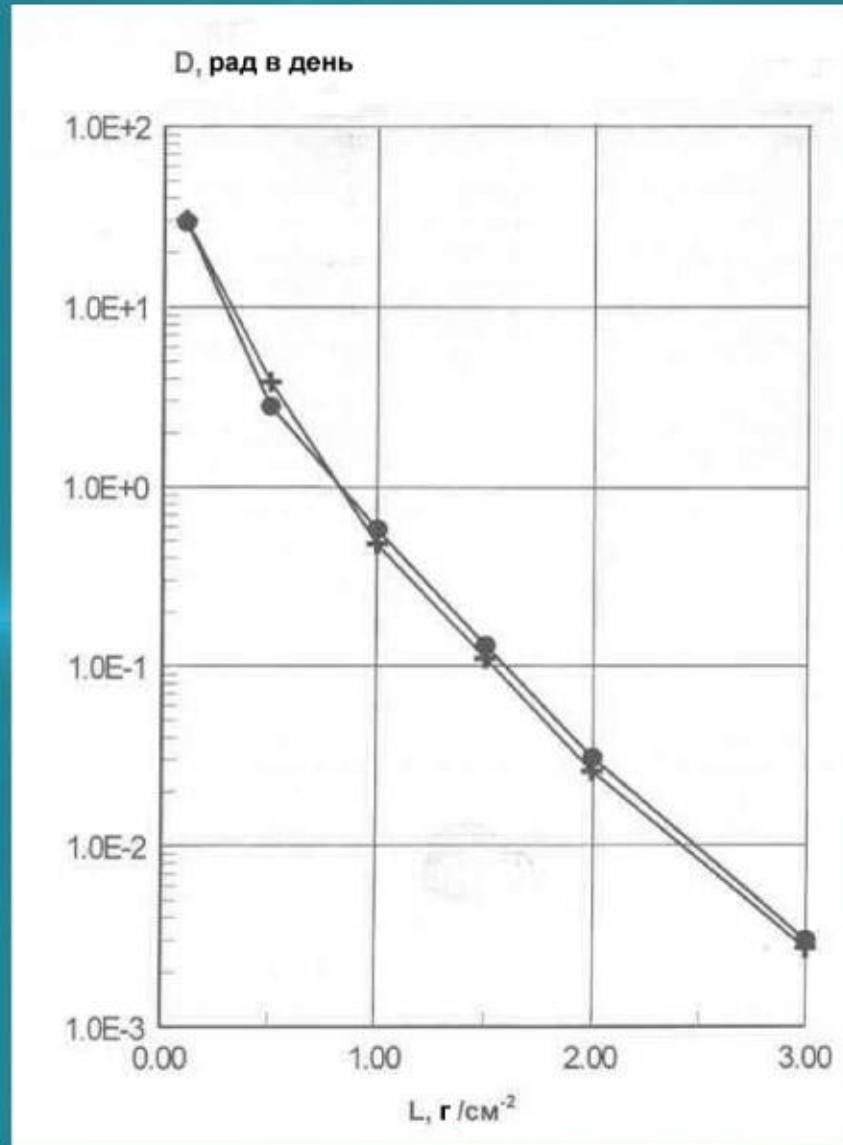
Спектр протонов на круговой орбите ($H=500$ км, $j=60^\circ$)



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

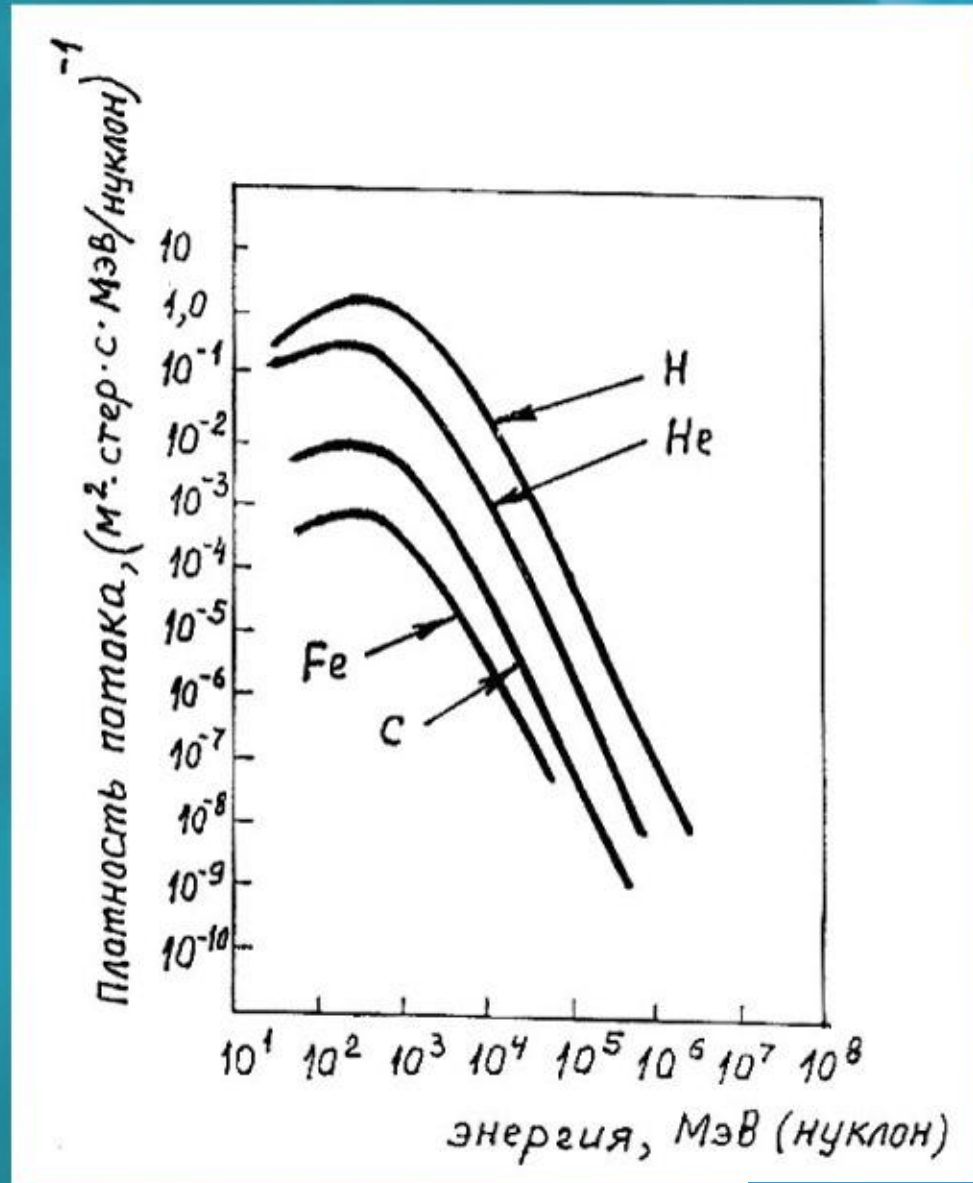
+ - ЦНИИМАШ

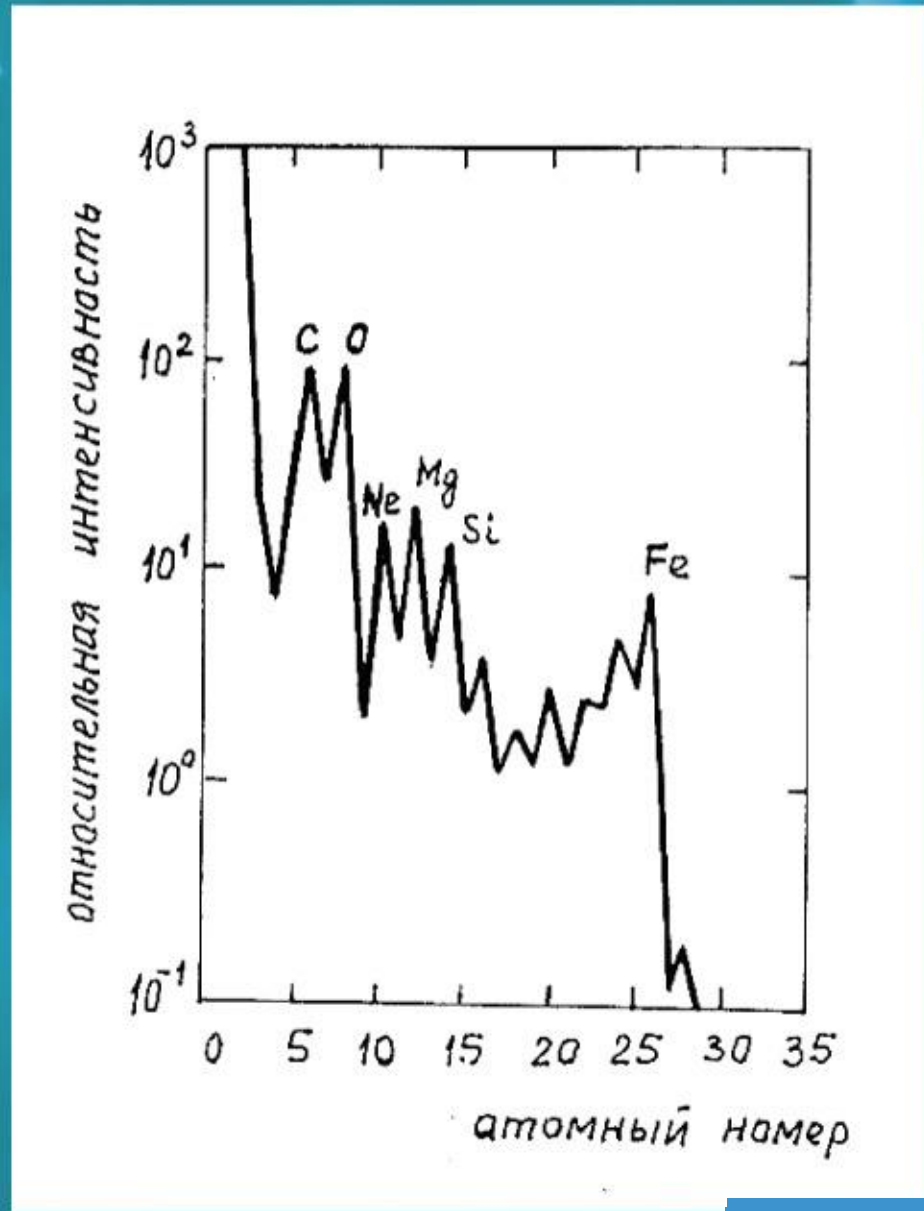
• - AE-8 (USA)



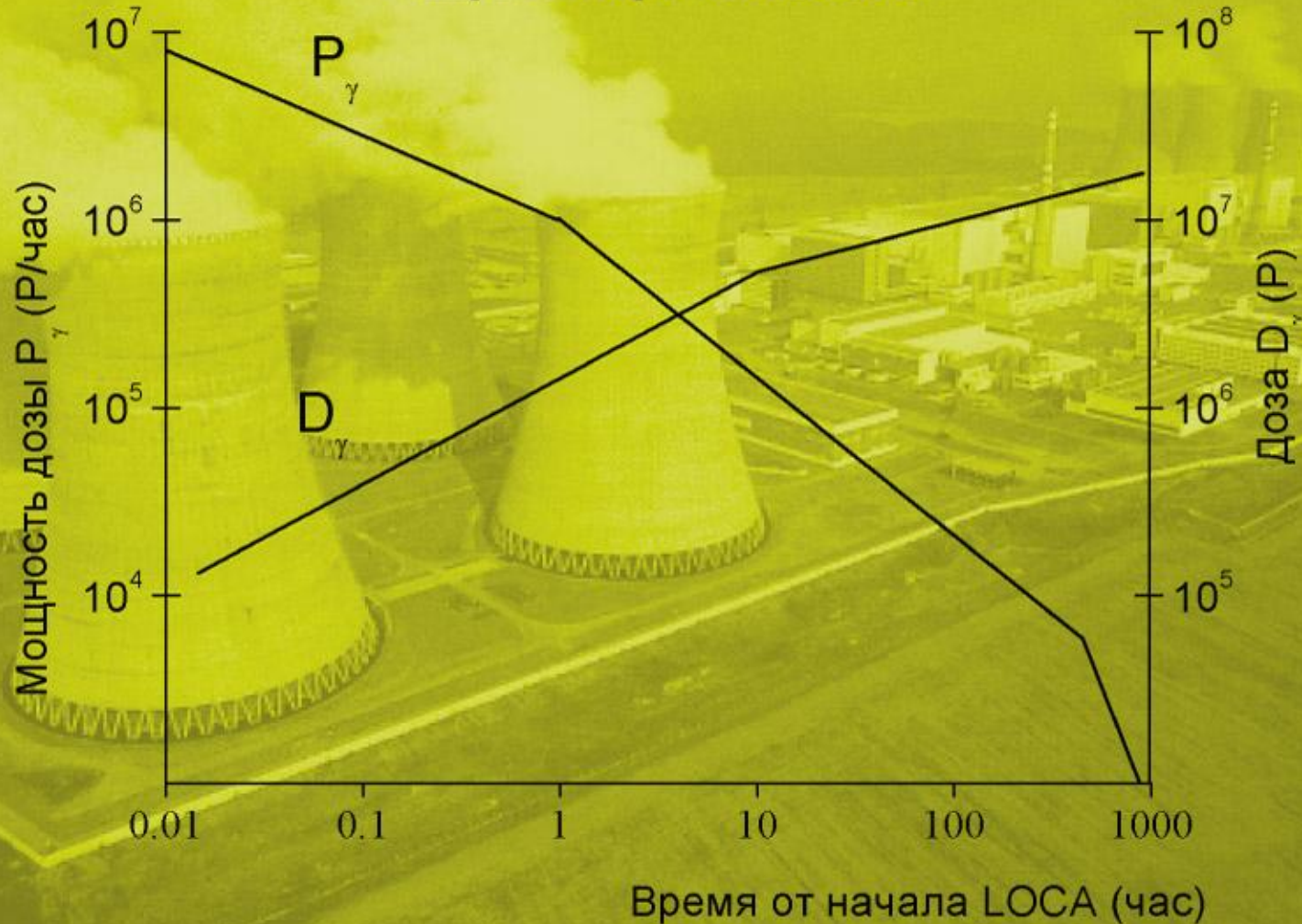
Проникающие характеристики протонов в случае сферической защиты различной толщины L на круговой орбите ($H=500$ км, $j=60^\circ$)

- + - 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 ²	$10^9 - 10^{14}$	—
н/(см ² · 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