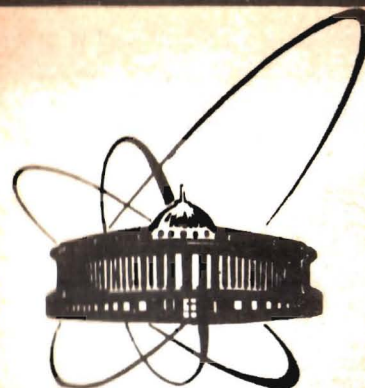


17 коп.



сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

16-88-690

А.А.Астапов*, М.М.Комочков

ДАННЫЕ ДЛЯ ОЦЕНОК РАДИОАКТИВНОСТИ,
НАВЕДЕННОЙ ПРОТОНАМИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Редактор М.И.Зарубина. Макет Р.Д.Фоминой.

Набор Л.В.Пахомовой, О.В.Шестаковой.

Подписано в печать 27.01.89.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 1,13.

Тираж 210. Заказ 41572.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Дубна Московской области.

* Московский инженерно-физический институт

1988

Представленные ранее^{1/} результаты расчета мощности дозы гамма-излучения наведенной радиоактивности, полученные на основе современной аппроксимации сечений образования радионуклидов в протон-ядерных взаимодействиях^{2/}, для легких ядер-мишеней значительно точнее данных, основанных на аппроксимациях Рудстама^{3/}.

Цель настоящей работы — получить необходимые для практического использования ядерно-физические константы на основе полуэмпирических аппроксимаций^{2/} для оценок радиоактивности, наведенной протонами высоких энергий.

Ниже рассмотрены приводимые дозиметрические характеристики поля излучений наведенной радиоактивности и способы их получения.

1. Мощность дозы γ -излучения от радионуклидов, образовавшихся в единице массы облученного элемента, на единичном расстоянии от точечного изотропного источника получена следующим образом:

$$P(t) = \frac{1}{4\pi} \Phi \frac{N_A}{A} \sum_i \sigma_i \sum_{\nu} \frac{\epsilon_{i,\nu}}{f_{\nu}} (1 - e^{-\lambda_i T}) e^{-\lambda_i t},$$

где Φ — плотность потока первичных протонов, N_A — число Авогадро; A — массовое число рассматриваемого элемента; σ_i — поперечное сечение образования i -го радионуклида при взаимодействии первичного протона с ядром-мишенью; $\epsilon_{i,\nu}$ — число фотонов с энергией E_{ν} , испущенных при одном распаде ядра i -го радионуклида^{4/}; f_{ν} — коэффициент перехода от плотности потока фотонов к мощности дозы; λ_i — постоянная γ -распада i -го радионуклида; T , t — время облучения и охлаждения соответственно.

2. Мощность дозы γ -излучения на поверхности полубесконечного слоя элемента, в котором первичные протоны плоского мононаправленного бесконечного источника распространяются без поглощения, рассчитывали по формуле

$$\dot{D}(t) = \frac{1}{2} \Phi \frac{N_A}{A} \sum_i \sigma_i \sum_{\nu} \frac{\epsilon_{i,\nu}}{f_{\nu} \bar{\mu}(E_{\nu})} (1 - e^{-\lambda_i T}) e^{-\lambda_i t},$$

где $\bar{\mu}(E_{\nu})$ — массовый коэффициент ослабления узкого пучка фотонов с энергией E_{ν} в рассматриваемой среде^{5/}.

3. Поток γ -квантов от 1 г элемента оценивался по формуле

$$F(t) = \Phi \frac{N_A}{A} \sum_i \sigma_i \sum_{\nu} \epsilon_{i,\nu} (1 - e^{-\lambda_i T}) e^{-\lambda_i t}.$$

Таблица 1. Радиоактивность элементов в их естественной смеси, облученных протонами различных энергий (в МэВ), плотность потока которых 10^6 протон \cdot см $^{-2}$ \cdot с $^{-1}$, время облучения T = 5000 сут, время от конца облучения t = 0; в расчет приняты радионуклиды с периодом полураспада более 5 мин

Элемент	Мощность дозы на расстоянии 1 см от 1г элемента, Гр/с				Мощность дозы на поверхности полубесконечного слоя элемента, Гр/с				Поток γ -квантов от 1г, г $^{-1}$ с $^{-1}$			
	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900
	Be	5,34-12	7,00-12	8,96-12	6,91-12	8,46-10	1,11-9	1,42-9	1,10-9	286	375	480
B	7,07-12	8,22-12	9,29-12	7,75-12	1,08-9	1,26-9	1,42-9	1,19-9	379	441	498	415
C	1,55-9	1,08-9	5,64-10	5,26-10	2,25-7	1,57-7	8,21-6	7,65-8	4500	3330	2010	1850
N	7,47-10	6,01-10	4,10-10	3,46-10	1,09-7	6,74-6	5,95-6	5,03-8	2250	1900	1460	1310
O	1,95-10	2,14-10	2,20-10	1,99-10	2,83-8	3,12-8	3,19-8	2,89-8	708	780	867	879
Na	1,60-9	1,19-9	7,13-10	6,95-10	2,81-7	2,07-7	1,21-7	1,18-7	1990	1600	1150	1290
Mg	1,00-9	8,77-10	6,23-10	5,53-10	2,35-7	1,74-7	1,24-7	1,07-7	1170	1120	955	1070
Al	5,73-10	6,70-10	6,14-10	5,83-10	1,49-7	1,70-7	1,48-7	1,36-7	533	663	754	935
Si	3,08-10	4,19-10	5,02-10	5,16-10	6,61-8	8,98-8	1,06-7	1,06-7	371	515	730	968
P	1,44-10	2,51-10	4,21-10	4,67-10	3,55-8	6,13-8	9,90-8	1,05-7	179	310	597	863
S	7,14-11	1,46-10	3,14-10	3,77-10	1,52-8	3,13-8	6,67-8	7,72-8	138	247	542	842
K	1,65-9	1,57-9	8,02-10	8,53-10	3,20-7	2,33-7	1,50-7	1,68-7	1660	1820	946	1200
Ca	1,08-9	1,86-9	6,94-10	6,36-10	1,59-7	2,76-7	1,04-7	1,08-7	1240	2120	876	1010
Ti	8,12-10	1,42-9	7,72-10	7,49-10	1,58-7	2,76-7	1,46-7	1,47-7	1460	2330	1500	1490
Cr	1,05-9	1,62-9	1,11-9	6,84-10	8,10-8	1,80-7	1,50-7	1,37-7	3270	4170	2330	1970
Fe	6,60-10	1,77-9	1,33-9	1,10-9	1,05-7	2,21-7	1,64-7	1,61-7	1200	2680	2300	1940
Ni	2,17-9	3,19-9	2,23-9	1,77-9	3,06-7	4,46-7	3,03-7	2,58-7	2230	3270	2820	2440
Cu	7,79-10	1,42-9	1,59-9	1,39-9	1,14-7	1,87-7	1,88-7	1,88-7	1680	2350	2350	2260

Таблица 2. То же, что в табл.1, но t = 1 ч

Элемент	Мощность дозы на расстоянии 1 см от 1г элемента, Гр/с				Мощность дозы на поверхности полубесконечного слоя элемента, Гр/с				Поток γ -квантов от 1г, г $^{-1}$ с $^{-1}$			
	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900
	Be	5,34-12	7,00-12	8,96-12	6,91-12	8,47-10	1,11-9	1,42-9	1,10-9	286	375	480
B	7,07-12	8,22-12	9,29-12	7,74-12	1,08-9	1,26-9	1,42-9	1,19-9	379	440	497	415
C	2,09-10	1,49-10	8,25-11	7,63-11	3,03-8	2,16-8	1,20-8	1,11-8	1040	924	767	682
N	4,04-11	4,06-11	3,78-11	3,12-11	5,85-9	5,91-9	5,46-9	4,51-9	422	451	501	498
O	2,16-11	2,39-11	2,67-11	2,57-11	3,13-9	3,45-9	3,86-9	3,71-9	260	287	368	431
Na	1,54-9	1,11-9	6,16-10	5,75-10	2,73-7	1,96-7	1,07-7	1,00-7	1840	1410	908	981
Mg	9,40-10	8,00-10	5,21-10	4,24-10	1,94-7	1,62-7	1,08-7	8,73-8	1040	944	710	753
Al	5,38-10	6,22-10	5,39-10	4,75-10	1,41-7	1,60-7	1,35-7	1,18-7	475	577	591	683
Si	2,70-10	3,69-10	4,06-10	3,79-10	5,88-8	8,05-8	8,98-8	8,39-8	287	400	500	629
P	1,08-10	1,94-10	3,15-10	3,17-10	2,74-8	4,87-8	7,71-8	7,68-8	104	190	358	512
S	5,77-10	1,20-10	2,42-10	2,56-10	1,25-8	2,63-8	5,34-8	5,62-8	98,1	178	359	531
K	3,75-10	6,51-10	2,96-10	3,27-10	2,95-9	4,02-9	2,48-8	4,21-8	596	1040	461	615
Ca	4,28-10	7,27-10	3,35-10	3,05-10	1,62-9	2,79-9	1,80-8	3,40-8	696	1180	537	601
Ti	7,45-10	1,29-9	6,50-10	6,03-10	1,46-7	2,52-7	1,18-7	1,15-7	1340	2110	1290	1200
Cr	9,91-10	1,71-9	1,01-9	7,51-10	7,32-8	1,66-7	1,31-7	1,10-7	3110	3920	2150	1710
Fe	7,75-10	1,62-9	1,21-9	9,54-10	9,26-8	1,98-7	1,64-7	1,34-7	1020	2350	2060	1650
Ni	2,13-9	3,09-9	2,09-9	1,61-9	2,99-7	4,30-7	2,86-7	2,31-7	2150	3090	2540	2130
Cu	2,74-10	8,68-10	1,32-9	1,11-9	2,92-8	8,54-8	1,39-7	1,36-7	524	1300	1810	1670

→ Таблица 3. То же, что в табл.1, но $t = 1$ сут

Элемент	Мощность дозы на расстоянии I см от I г элемента, Гр/с				Мощность дозы на поверхности полубесконечного слоя элемента, Гр/с				Поток γ -квантов от I г, Г ⁻¹ с ⁻¹			
	50	100	600	≥2900	50	100	600	≥2900	50	100	600	≥2900
Be	5,27-12	6,91-12	8,85-12	6,82-12	8,37-10	1,10-9	1,40-9	1,08-9	282	370	474	366
B	6,98-12	8,12-12	9,17-12	7,65-12	1,07-9	1,24-9	1,41-9	1,17-9	374	435	491	410
C	9,71-12	1,04-11	1,07-11	9,39-12	1,37-9	1,48-9	1,52-9	1,33-9	520	559	574	503
N	6,15-12	6,70-12	7,81-12	8,07-12	8,70-10	9,48-10	1,10-9	1,14-9	330	359	418	433
O	3,96-12	4,37-12	5,78-12	7,06-12	5,60-10	6,18-10	6,18-10	9,99-10	212	234	310	378
Na	1,45-9	1,01-9	5,22-10	4,90-10	2,59-7	1,80-7	9,34-8	8,75-8	1610	1140	669	762
Mg	6,94-10	5,75-10	3,23-10	2,55-10	1,32-7	1,09-7	6,33-8	4,98-8	747	634	420	490
Al	2,84-10	3,28-10	2,75-10	2,38-10	6,65-8	7,60-8	6,32-8	5,45-8	272	319	315	418
Si	1,81-10	2,36-10	2,31-10	2,06-10	3,56-8	4,68-8	4,72-8	4,25-8	198	254	285	406
P	5,95-11	1,06-10	1,64-10	1,61-10	1,35-8	2,40-8	3,69-8	3,60-8	63,6	109	193	328
S	3,87-11	7,72-11	1,38-10	1,36-10	7,59-9	1,53-8	2,81-8	2,84-8	47,3	86,9	173	317
K	3,57-10	6,25-10	2,43-10	2,39-10	6,47-11	1,98-10	1,18-8	2,09-8	571	998	370	468
Ca	4,14-10	7,03-10	2,96-10	2,34-10	3,22-10	4,27-10	9,61-9	1,63-8	667	1130	465	475
Ti	4,29-10	7,07-10	3,34-10	3,29-10	9,04-8	1,48-7	5,69-8	5,66-8	776	1110	684	688
Cr	9,33-10	1,56-9	7,91-10	5,28-10	6,49-8	1,42-7	9,05-8	6,56-8	2970	3630	1750	1320
Fe	7,19-10	1,49-9	1,01-9	7,39-10	8,31-8	1,77-7	1,28-7	9,30-8	943	2170	1730	1290
Ni	1,73-9	2,67-9	1,74-9	1,27-9	2,30-7	3,57-7	2,28-7	1,72-7	1700	2509	2040	1620
Cu	1,54-10	6,38-10	1,14-9	8,86-10	1,25-8	5,20-8	1,09-7	9,48-8	192	765	1470	1290

Таблица 4. То же, что в табл.1, но $t = 7$ сут

Элемент	Мощность дозы на расстоянии I см от I г элемента, Гр/с				Мощность дозы на поверхности полубесконечного слоя элемента, Гр/с				Поток γ -квантов от I г, Г ⁻¹ с ⁻¹			
	50	100	600	≥2900	50	100	600	≥2900	50	100	600	≥2900
Be	4,88-12	6,39-12	8,19-12	6,31-12	7,74-10	1,01-9	1,30-9	1,00-9	261	342	439	338
B	6,46-12	7,51-12	8,48-12	7,07-12	9,90-10	1,15-9	1,30-9	1,08-9	346	402	454	379
C	8,98-12	9,66-12	9,92-12	8,69-12	1,27-9	1,37-9	1,40-9	1,23-9	481	518	531	465
N	5,69-12	6,20-12	7,22-12	7,47-12	8,05-10	8,77-10	1,02-9	1,06-9	305	332	387	400
O	3,66-12	4,04-12	5,35-12	6,53-12	5,18-10	5,71-10	7,57-10	9,24-10	196	216	287	350
Na	1,44-9	1,00-9	5,20-10	4,87-10	2,58-7	1,79-7	9,30-8	8,71-8	1600	1130	659	742
Mg	5,97-10	5,01-10	2,62-10	2,07-10	1,04-7	8,71-8	4,56-8	3,58-8	681	582	374	441
Al	1,61-10	1,92-10	1,65-10	1,43-10	2,87-8	3,43-8	2,94-8	2,54-8	191	230	239	341
Si	1,42-10	1,81-10	1,66-10	1,44-10	2,45-8	3,12-8	2,85-8	2,47-8	171	217	238	350
P	3,66-11	6,65-11	1,01-10	9,80-11	6,53-9	1,19-8	1,80-8	1,74-8	48,2	82,7	148	271
S	3,07-11	5,98-11	9,90-11	9,65-11	5,27-9	1,03-8	1,70-8	1,65-8	41,3	74,7	144	275
K	3,17-10	5,55-10	2,06-10	1,96-10	5,76-11	1,39-10	6,92-9	1,25-8	507	886	324	412
Ca	3,67-10	6,23-10	2,56-10	1,96-10	5,64-11	1,20-10	6,34-9	1,22-8	586	995	406	419
Ti	3,62-10	6,09-10	2,66-10	2,50-10	7,65-8	1,28-7	4,39-8	3,89-8	542	857	443	474
Cr	8,46-10	1,38-9	6,82-10	4,40-10	4,86-8	1,09-7	7,00-8	4,74-8	2700	3300	1540	1140
Fe	5,57-10	1,14-9	7,69-10	5,79-10	5,46-8	1,15-7	8,56-8	6,31-8	798	1830	1460	1100
Ni	1,18-9	2,04-9	1,27-9	9,13-10	1,34-7	2,50-7	1,48-7	1,10-7	1120	1960	1580	1250
Cu	1,44-10	5,97-10	1,03-9	7,68-10	1,15-8	4,67-8	8,98-8	7,34-8	179	714	1330	1140

Таблица 5. То же, что в табл.1, но $t = 30$ сут

Элемент	Мощность дозы на расстоянии 1 см от Γ элемента, Гр/с				Мощность дозы на поверхности полубесконечного слоя элемента, Гр/с				Поток γ -квантов от Γ , $\text{г}^{-1} \text{с}^{-1}$			
	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900
Be	3,62-12	4,74-12	6,07-12	4,68-12	5,74-10	7,53-10	9,64-10	7,43-10	194	254	325	251
B	4,79-12	5,57-12	6,29-12	5,25-12	7,34-10	8,54-10	9,64-10	8,04-10	257	298	337	281
C	6,66-12	7,17-12	7,36-12	6,45-12	9,43-10	1,01-9	1,04-9	9,12-10	357	384	394	345
N	4,22-12	4,60-12	5,36-12	5,54-12	5,96-10	6,51-10	7,58-10	7,64-10	226	246	287	297
O	2,72-12	3,00-12	3,97-12	4,85-12	3,84-10	4,24-10	5,61-10	6,86-10	146	161	213	260
Na	1,42-9	9,86-10	5,11-10	4,78-10	2,54-7	1,76-7	9,13-8	8,55-8	1560	1100	625	677
Mg	5,87-10	4,92-10	2,58-10	2,02-10	1,02-7	8,56-8	4,47-8	3,50-8	662	563	345	380
Al	1,58-10	1,89-10	1,62-10	1,40-10	2,81-8	3,37-8	2,89-8	2,48-8	184	220	220	290
Si	1,40-10	1,78-10	1,63-10	1,41-10	2,41-8	3,06-8	2,80-8	2,42-8	164	208	219	296
P	3,60-11	6,53-11	9,93-11	9,55-11	6,40-9	1,16-8	1,77-8	1,70-8	45,3	78,7	136	226
S	3,01-11	5,88-11	9,71-11	9,41-11	5,17-9	1,01-8	1,67-8	1,61-8	38,6	71,0	132	228
K	2,01-10	3,53-10	1,44-10	1,48-10	3,72-11	1,04-10	6,78-9	1,22-8	322	563	222	303
Ca	2,33-10	3,96-10	1,76-10	1,49-10	3,67-11	8,63-11	6,21-9	1,19-8	373	632	274	308
Ti	2,92-10	4,96-10	2,07-10	1,99-10	6,19-8	1,04-7	3,59-8	3,28-8	387	658	297	331
Cr	6,74-10	1,04-9	4,87-10	3,18-10	2,00-8	4,67-8	3,46-8	2,70-8	2040	2590	1150	821
Fe	3,99-10	7,81-10	4,86-10	3,92-10	2,82-8	5,39-8	3,53-8	3,16-8	590	1310	1020	794
Ni	9,66-10	1,62-9	8,96-10	6,31-10	1,01-7	1,83-7	8,43-8	6,33-8	923	1570	1150	899
Cu	1,20-10	5,02-10	8,38-10	6,08-10	9,09-9	3,69-8	6,38-8	4,97-8	148	597	1080	897

Таблица 6. То же, что в табл.1, но $t = 180$ сут

Элемент	Мощность дозы на расстоянии 1 см от Γ элемента, Гр/с				Мощность дозы на поверхности полубесконечного слоя элемента, Гр/с				Поток γ -квантов от Γ , $\text{г}^{-1} \text{с}^{-1}$			
	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900
Be	5,12-13	6,71-13	8,59-13	6,63-13	8,13-11	1,06-10	1,36-10	1,05-10	27,4	35,9	46,0	35,5
B	6,78-13	7,88-13	8,90-13	7,42-13	1,04-10	1,21-10	1,36-10	1,14-10	36,3	42,2	47,7	39,8
C	9,43-13	1,01-12	1,04-12	9,12-13	1,33-10	1,43-10	1,47-10	1,29-10	50,5	54,3	55,8	48,9
N	5,97-13	6,51-13	7,58-13	7,84-13	8,45-11	9,20-11	1,07-10	1,11-10	32,0	34,8	40,6	42,0
O	3,84-13	4,24-13	5,62-13	6,86-13	5,44-11	6,00-11	7,94-11	9,70-11	20,6	22,7	30,1	36,7
Na	1,27-9	8,83-10	4,57-10	4,26-10	2,27-7	1,58-7	6,17-8	7,63-8	1380	962	505	485
Mg	5,26-10	4,41-10	2,30-10	1,79-10	9,14-8	7,66-8	4,00-8	3,11-8	574	482	259	217
Al	1,41-10	1,69-10	1,45-10	1,23-10	2,52-8	3,01-8	2,58-8	2,20-8	155	185	163	153
Si	1,25-10	1,59-10	1,45-10	1,24-10	2,16-8	2,74-8	2,50-8	2,14-8	138	175	164	155
P	3,21-11	5,84-11	8,86-11	8,38-11	5,73-9	1,04-8	1,58-8	1,49-8	35,7	64,5	100	108
S	2,69-11	5,25-11	8,66-11	8,25-11	4,62-9	9,03-9	1,49-8	1,42-8	30,0	58,0	97,8	107
K	1,03-11	1,82-11	3,97-11	6,50-11	2,33-12	4,04-11	6,04-9	1,07-8	16,6	29,2	47,5	87,0
Ca	1,19-11	2,03-11	3,93-11	6,49-11	2,35-12	2,70-11	5,52-9	1,04-8	19,9	32,6	48,1	87,5
Ti	8,69-11	1,48-10	6,06-11	7,63-11	1,76-8	3,00-8	1,16-8	1,44-8	116	197	81,2	102
Cr	4,23-10	6,14-10	2,47-10	1,59-10	8,01-10	3,33-9	5,25-9	8,70-9	1010	1440	559	332
Fe	2,76-10	5,26-10	2,76-10	2,21-10	1,85-8	3,21-8	1,19-8	1,36-8	332	692	479	369
Ni	4,51-10	7,43-10	4,42-10	3,00-10	2,96-8	5,60-8	2,54-8	2,05-8	454	756	552	396
Cu	4,31-11	2,05-10	4,04-10	3,05-10	2,11-9	9,67-9	2,06-8	1,81-8	50,2	233	499	411

Таблица 8. Суммарное поперечное сечение образования радионуклидов с периодом полураспада ≥ 5 мин при взаимодействии протонов различных энергий (в МэВ) с ядрами элементов в их естественной смеси

Элемент	Сумма сечений образования радионуклидов, мб			
	50	100	600	≥ 2900
Be	4,28	5,61	7,18	5,54
B	6,80	7,90	8,93	7,45
C	89,83	66,47	40,18	36,81
N	52,30	44,18	34,04	30,52
O	18,82	20,74	23,05	23,38
Na	77,80	62,23	44,69	49,73
Mg	48,86	45,86	38,91	43,64
Al	114,99	93,18	66,71	72,60
Si	56,73	57,57	54,48	58,52
P	18,79	27,94	41,60	53,88
S	17,03	25,82	40,78	55,05
K	147,46	181,57	90,98	99,82
Ca	92,26	167,48	79,78	84,80
Ti	120,58	202,17	160,58	159,41
Cr	329,48	440,08	251,16	221,20
Fe	241,42	441,90	312,68	251,58
Ni	267,42	395,83	355,87	310,98
Cu	199,27	299,13	313,58	304,15

4. Сумма сечений образования радионуклидов:

$$\sigma = \sum_{i=1}^n \sigma_i$$

Данные получены, аналогично /6/, для протонов с энергиями 50, 100, 600 и 2900 МэВ для элементов с естественным изотопным составом. В расчетах учитывались лишь радионуклиды с периодом полураспада ≥ 5 мин. Время облучения взято 5000 сут, что соответствует продолжительности функционирования установки за все время ее существования.

Значения величин $P(t)$, $D(t)$ и $F(t)$ получены для $\Phi = 10^6$ пр./см²·с и представлены в табл.1-7, а значения σ — в табл.8.

Учитывая важнейшую роль оценок радиоактивности, наведенной протонами высоких энергий, можно утверждать, что использование полученных данных позволит более обоснованно прогнозировать степень радиационной опасности для персонала.

Элемент	Плотность дозы на расстоянии				Плотность дозы на поверхности				Поток γ -квантов от $1 \mu\text{г}$ элемента, $\mu\text{Р}/\text{с}$				
	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900	50	100	600	≥ 2900	
Be	4,98-14	6,53-14	8,36-14	6,45-14	1,04-12	1,51-12	1,94-12	1,33-12	1,02-11	3,50	4,48	4,48	3,45
B	6,59-14	7,67-14	8,66-14	7,22-14	1,01-11	1,18-11	1,33-11	1,11-11	1,11-11	3,53	4,11	4,64	3,87
C	9,17-14	9,86-14	1,01-13	8,87-14	1,33-11	1,43-11	1,43-11	1,26-11	1,26-11	5,28	5,43	4,75	4,75
N	6,61-14	6,33-14	7,38-14	7,63-14	8,22-12	8,55-12	1,04-11	1,08-11	1,08-11	3,39	3,96	3,96	4,09
O	3,74-14	4,13-14	6,67-14	6,67-14	8,22-12	8,55-12	7,73-12	9,44-12	2,00	2,21	2,93	3,57	4,09
Na	1,11-9	7,74-10	4,00-10	3,74-10	1,39-7	7,17-8	6,59-8	1210	840	435	407	435	407
Mg	4,61-10	3,87-10	2,01-10	1,66-10	6,02-8	6,72-8	3,50-8	2,72-8	501	420	219	172	172
Al	1,24-10	1,48-10	1,27-10	1,08-10	2,21-8	2,64-8	2,26-8	1,92-8	135	161	138	119	119
Si	1,10-10	1,40-10	1,27-10	1,09-10	1,69-8	2,41-8	2,19-8	1,67-8	119	139	120	139	120
P	2,82-11	6,12-11	7,77-11	7,33-11	3,02-9	9,13-9	1,38-8	1,31-8	30,6	55,7	84-7	120	81,2
S	2,36-11	4,61-11	7,60-11	7,21-11	4,06-9	7,92-9	1,30-8	1,24-8	25,7	50,1	82,8	79,9	81,2
K	2,98-13	7,03-13	3,02-11	6,34-11	1,72-13	3,24-11	5,29-9	9,37-9	0,511	1,08	33,0	59,4	79,9
Ca	3,44-13	7,04-13	2,84-11	6,33-11	1,41-13	2,07-11	4,84-9	9,12-9	0,576	1,10	31,1	59,3	51,8
Ti	2,28-11	3,97-11	2,26-11	4,41-11	4,05-9	6,81-9	3,84-9	7,88-9	31,4	55,1	29,2	51,8	51,8
Cr	2,88-10	4,14-10	1,61-10	1,09-10	1,89-10	7,67-10	1,87-9	5,61-9	680	973	368	217	217
Fe	1,86-10	3,53-10	1,84-10	1,51-10	1,24-7	2,14-8	7,29-9	9,40-9	461	317	244	244	244
Ni	2,36-10	3,84-10	2,57-10	1,79-10	3,04-9	1,82-8	1,03-8	1,01-8	418	337	244	244	244
Cu	1,85-11	9,85-11	2,24-10	1,81-10	4,32-10	1,82-10	8,33-9	9,29-9	282	244	244	244	244

Таблица 7. То же, что в табл.1, но $t = 360$ сут

ЛИТЕРАТУРА

1. Астапов А.А., Комочков М.М. ОИЯИ, Р16-87-310, Дубна, 1987.
2. Silberberg R., Tsao C.H. — *Astrophys. J., Supl. Series*, 1973, 220, p.25, 375.
3. Rudstam G.Z. — *Naturforschung*, 1966, 21a, p.1027.
4. Гусев Н.Г., Дмитриев П.П. Квантовое излучение радиоактивных нуклидов. Справочник, М.: Атомиздат, 1977.
5. Машкович В.П. Защита от ионизирующих излучений. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1982.
6. Barbier M. *Induced Radioactivity North-Holland publishing Co., Amsterdam, New York, 1969.*

Рукопись поступила в издательский отдел
16 декабря 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

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