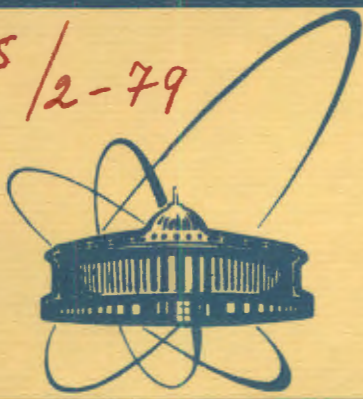


3165 / 2-79



СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

С349Г
К-289

13/8-79
16 - 12375

В.Ф.Касьянов, М.М.Комочков, Ю.Г.Тетерев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
АКТИВАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ЗАЛЕ СИНХРОЦИКЛОТРОНА НА 680 МэВ

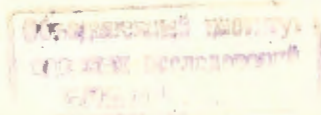
1979

16 - 12375

В. Ф. Касьянов,^{*} М. М. Комочков, Ю. Г. Тетерев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
АКТИВАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ЗАЛЕ СИНХРОЦИКЛОТРОНА НА 680 МэВ

* Московский инженерно-строительный институт
им. В. В. Куйбышева.



Касьянов В.Ф., Комочков М.М., Тетерев Ю.Г. 16 - 12375

Экспериментальные исследования активации
строительных материалов в зале синхроциклотрона
на 680 МэВ

После воздействия нейтронами рассеянного излучения синхроциклотрона на 680 МэВ с помощью полупроводникового Ge детектора исследована активация как материалов, широко используемых в защитах ускорителей (грунт и бетоны), так и материалов, которые представляются перспективными с точки зрения их низкой активации (мрамор, борированные бетоны). В таблицах приведены величины активностей изотопов, образующихся в исследуемых образцах. По результатам исследования защитные материалы располагаются в следующем порядке возрастания удельной наведенной радиоактивности: мрамор, обычный бетон, грунт, гематитовый бетон.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

16 - 12375

Kasyanov V.F., Komochkov M.M., Teterev Yu.G.

Experimental Investigations of Building Material
Activation in the 680 MeV Synchrocyclotron
Hall

The activation was investigated due to scattered neutrons of the 680 MeV synchrocyclotron by means of Ge semiconductor detector. The activation of shielding materials widely used presently (ground, concretes) and of those which seem perspective because of their low activation (marble, borated concretes) was investigated. Activities of isotopes produced in samples under investigation are tabulated. Shielding materials are arranged according to increasing specific induced radioactivity: marble, standard concrete ground, hematite concrete.

The investigation has been performed at the
Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Одним из путей снижения уровней наведенной радиоактивности в помещениях ускорителей на высокие энергии является использование специальных малоактивирующихся материалов в конструкциях и защите ускорителя.

Из практики эксплуатации как отечественных, так и зарубежных ускорителей на высокие энергии видно, что основными защитными материалами на ускорителях являются различные бетоны и грунт. В некоторых работах ^{1-4/} изучали наведенную радиоактивность обычного бетона и грунта. Так, в работе ^{1/} исследовали наведенную радиоактивность ²⁴Na в защите из бетона высокоэнергетического ускорителя. При этом рассматривался механизм образования ²⁴Na в зависимости от химического состава бетона, реакции образования ²⁴Na, распределение активности ²⁴Na по глубине защиты. В работе ^{2/} приведены данные экспериментальных исследований активности обычного бетона, алюминия, меди, стали, наведенной рассеянными нейтронами в зале ускорителя на 680 МэВ. Образование радиоактивных изотопов в слое грунтовой защиты ускорителя частиц высоких энергий изучалось в работе ^{3/}. Загрязнение радиоактивностью грунтовых вод вследствие вымывания из облученного грунта радиоизотопов рассматривалось в работе ^{4/}. В работах ^{1,5-7/} отмечено, что ввод борсодержащих добавок в бетоны может снизить мощность дозы наведенной активности в бетоне. В работе ^{8/} приводятся данные о том, что величина наведенной активности мрамора в 10 и более раз меньше, чем обычных строительных материалов (Fe, Al, SiO₂ и др.), при облучении нейтронами различных энергий.

Имеющаяся в зарубежной и отечественной литературе информация об исследованиях наведенной радиоактивности материалов в условиях высокоэнергетического облучения

содержит сведения о механизме и закономерностях образования наведенной радиоактивности. При этом рассматривались традиционные материалы конструкции и защиты ускорителей, используемые до настоящего времени.

Цель данной работы - исследование и выбор слабоактивируемых материалов. С одной стороны, мы исследовали материалы, широко используемые в защитах ускорителей (грунт и бетоны), а с другой - материалы, которые представляются перспективными с точки зрения их низкой активации, но требуют экспериментальной проверки (мрамор, борированные бетоны).

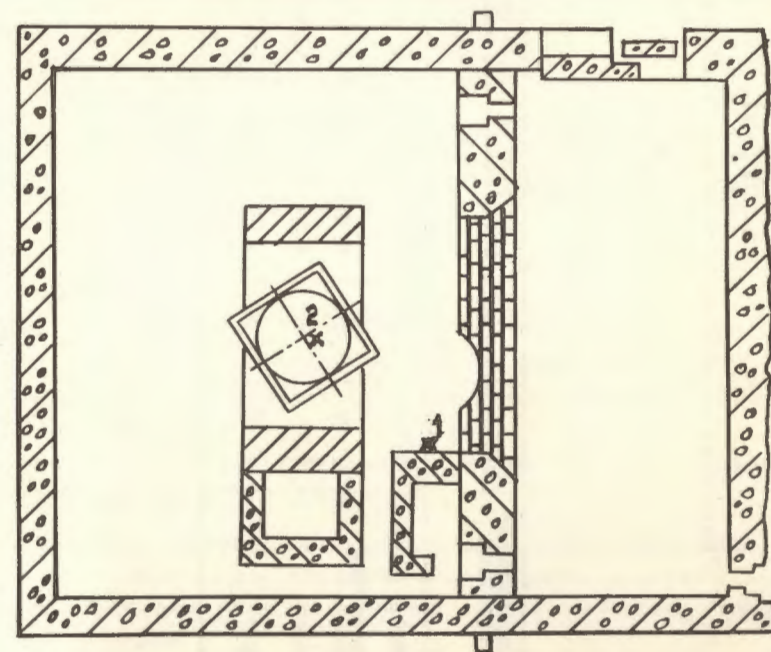
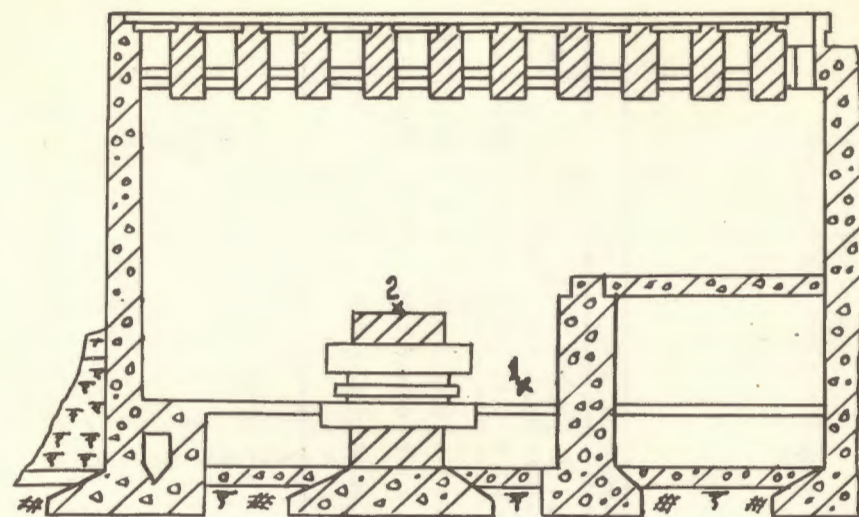
1. ОБРАЗЦЫ МАТЕРИАЛОВ, УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И ПРИБОРЫ

Для исследования были выбраны материалы: грунт, обычный бетон, мрамор, гематитовый бетон, борированный обычный бетон, борированный гематитовый бетон. Бор вводился в указанные бетоны в количестве 15 кг на кубометр исследуемого материала. Образцы были изготовлены в виде кернов ($d=80$ мм, $h=100$ мм) и поставлены на облучение в главном экспериментальном зале синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ в полях рассеянного излучения нейтронов. Места облучения показаны на рисунке.

Химический состав исследуемых материалов приведен в табл. 1. В местах облучения материалов уровни плотностей потоков нейтронов измерялись с помощью пороговых активационных детекторов. Набор активационных детекторов описан в работе ^[2]. В табл. 2 приведены величины плотностей потоков нейтронов для двух крайних по энергетическим распределениям флюенса точек.

Точка 1 находится в плоскости пучка ускоряемых протонов недалеко от камеры ускорителя, характеризуется "жестким" спектром рассеянных нейтронов; в этом месте преобладают высокоэнергетичные нейтроны. Точка 2 находится на ярме магнита, характеризуется "мягким" спектром; здесь преобладают тепловые и промежуточные нейтроны.

Образцы указанных материалов облучались в течение двух недель. Для измерений активностей образцов исполь-



План и разрез экспериментального зала синхроциклотрона ЛЯП ОИЯИ; показаны места расположения облучаемых образцов строительных материалов.

Таблица 1

Результаты химического анализа образцов строительных материалов

№ пп	Наименование материала	Химический состав сухого вещества, в %										Σ	H ₂ O
		SiO ₂	Al ₂ O ₃ + MnO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	S	K ₂ O	Na ₂ O	ппп ^{х)}		
1.	Обычный бетон	39,92	1,03	0,87	34,25	0,95	следы	0,32	0,16	23,22	100,72	0,91	
2.	Гематитовый бетон	21,26	3,25	63,25	7,85	0,95	следы	0,12	0,08	3,86	100,62	1,0	
3.	Мрамор	0,82	0,34	0,26	55,30	0,16	следы	следы	0,04	42,75	99,67	0,03	
4.	Грунт	48,98	14,53	7,12	2,90	2,40	2,22	2,06	1,82	17,51	99,74	7,91	

ппп - потери при прокаливании.

Таблица 2

Плотности потоков нейтронов, нейтр./см².с

Энергетические группы нейтронов	Места облучения ^{х)}	
	T.1	T.2
Тепловые	3,2.10 ⁵	1,1.10 ⁵
Промежуточные на единицу летаргии (E > 0,4 эв)	3,1.10 ⁵	0,45.10 ⁵
Быстрые (2-20 МаВ)	5.10 ⁵	2.10 ³
Релятивистские (E > 20 МаВ)	9.10 ⁵	1,5.10 ²
Высоких энергий (E > 50 МаВ)	1,3.10 ⁵	10 ²

* см. РИСУНОК.

зовались спектрометры, один из которых имел в качестве детектора кристалл NaJ(Tl) размером 80x60 мм², другой - Ge(Li), объемом 28 см³.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ, АНАЛИЗ

В табл. 3 и 4 даны величины наведенной активности радиоизотопов, обнаруженных в облученных образцах исследуемых материалов.

Экспериментальные исследования активации строительных материалов дали следующие результаты:

1. По степени активации исследуемые материалы располагаются в следующем порядке возрастания удельной наведенной радиоактивности: мрамор, обычный бетон, грунт, гематитовый бетон.

2. Наименее активируемым материалом среди исследуемых является мрамор. Величина удельной наведенной ак-

Таблица 3

Активность* изотопов**, обнаруженных в образцах материалов, облученных в "жестком" спектре рассеянных нейтронов (расп./с.г.)

Изотоп	Период полу-распада	Энергия γ -квантов, КэВ	М а т е р и а л					
			Гематитовый бетон	Гематитовый бетон борир	Обычный бетон	Обычный бетон борир	Грунт	Мрамор
44 Sc	3,92ч.	1155	15,3	15,3	-	-	2,2	-
44m Sc	2,44дн.	270	6,2	6,2	-	-	1,2	-
47 Sc	3,45 дн.	160	-	4,5	-	-	3,1	-
42 K	12,4 ч.	1520	<0,1	0,5	<0,1	1,0	2,2	1,2
43 K	22,4 ч.	374,617	<0,1	1,7	2,7	2,7	3,5	4,9
47 Ca	3,4 дн.	1290	-	-	-	-	-	1,6
48 Cr	23 ч.	118,307	-	0,8	-	-	-	-
51 Cr	27 дн.	320	<0,1	27,7	-	-	-	-
48 Y	16 дн.	980,1310	8,8	8,8	-	-	2,3	-
52 Mn	5,6 дн.	744,935, 1433	22,3	22,3	-	-	2,3	-
56 Mn	2,59дн.	845	57,7	57,7	24,6	17,3	14,4	2,7
52 Fe	8,53 ч.	170	-	0,7	-	-	-	-
24 Na	15 ч.	1365	12,7	12,7	27,6	35	48,9	2,8

* Облучение проводилось в течение двух недель. Значения измеренной активности пересчитаны на момент конца облучения.

** Рассматривались гамма-излучающие изотопы с периодом полураспада более 2 час.

Таблица 4

Активность* изотопов**, обнаруженных в образцах материалов, облученных в "мягком" спектре рассеянных нейтронов (расп./с.г.)

Изотоп	Период полу-распада	Энергия γ -квантов, КэВ	М а т е р и а л					
			Гематитовый бетон	Гематитовый бетон борир	Обычный бетон	Обычный бетон борир	Грунт	Мрамор
56 Mn	2,59 ч	845	3,0	2,4	3,4	1,8	1,6	0,7
59 Fe	45,1 дн.	1100,1285	0,2	0,25	-	-	-	-
24 Na	15 ч	1365	0,6	0,3	1,7	1,3	2,0	-

* Облучение проводилось в течение двух недель. Значения измеренной активности пересчитаны на момент конца облучения.

** Рассматривались гамма-излучающие изотопы с периодом полураспада более 2 час.

тивности мрамора (на 1 г) в 5-7 раз меньше, чем в грунте и обычном бетоне, и в 10 раз меньше, чем в гематитовом бетоне, что совпадает с данными работы ^{18/}.

3. В местах, где преобладают тепловые и промежуточные нейтроны, коэффициент ослабления величины удельной наведенной активности в бетонах при их борировании равен 1,5-2.

4. В местах, где преобладают потоки быстрых и сверхбыстрых нейтронов, введение бора в бетоны не уменьшает наведенную активность. Это объясняется доминирующим вкладом при образовании радиоизотопов нейтронов с энергией выше 2 МэВ.

5. Меньшая наведенная активность наблюдается в материалах, имеющих в своем составе меньшее содержание элементов Na, Mn, Fe, Al, Si.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nachtigall D., Charalambus S. Induced ²⁴Na Activity in the Concrete Shielding of High-Energy Accelerators. CERN 66-28, 1966.
2. Касьянов В.Ф. и др. ОИЯИ, Р16-8899, Дубна, 1975.
3. Hojer F.E. Induced Radioactivity in the Earth Shielding on Top of High-Energy Particle Accelerators, CERN 68-42, 1968.
4. Александров А.А. и др. АЭ, 1973, т.34, с. 177.
5. Price B.T. et al. Radiation Shielding. Pergamon Press, New York, 1957.
6. Gilbert W.S. et al. Concrete Activation Experiment at the Bevatron. UCRL-19368, 1969.
7. Armstrong T.W., Barish J. Calculations Evaluative Several Methods for Reducing the Residual Proton Dose-rate around High-Energy Proton Accelerators. Nucl. Sci. Eng., 1970, 40, p.128; ORNL-TM-2768, 1969.
8. Barbier M. Induced Radioactivity. Amsterdam-London, North-Holland, 1969.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 апреля 1979 года.