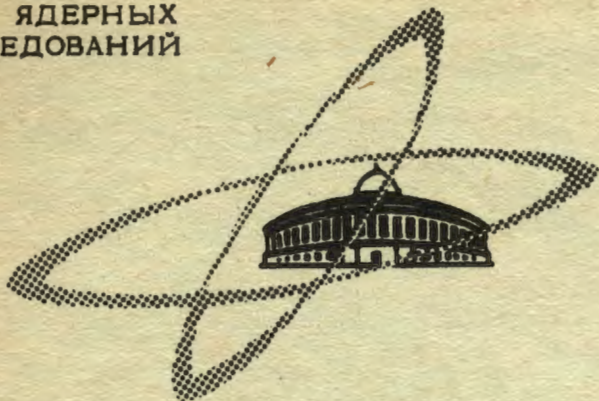


3-177
ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P16 - 3936



Л.Н.Зайцев, Л.Р.Кимель, М.М.Комочков,
В.П.Сидорин, Б.С.Сычев, О.А.Улитин

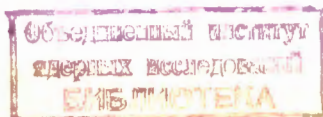
ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВЕДЕНИЯ
БОРНЫХ ДОБАВОК
В ЗАЩИТУ ОТ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
УСКОРИТЕЛЕЙ

P16 - 3936

Л.Н.Зайцев, Л.Р.Кимель, М.М.Комочков,
В.П.Сидорин, Б.С.Сычев, О.А.Улитин

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВЕДЕНИЯ
БОРНЫХ ДОБАВОК
В ЗАЩИТУ ОТ РАССЕЯННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
УСКОРИТЕЛЕЙ

Направлено в АЭ



740713 шр.

Известно, что бор обладает большой поглощающей способностью по отношению к нейтронам низких энергий. Поглощение этих нейтронов ядрами материала защиты приводит к образованию захватного гамма-излучения, которое в ряде случаев определяет мощность дозы за защитой. Следовательно, введение борных добавок в защиту может привести к подавлению захватного гамма-излучения и уменьшению суммарной мощности дозы за защитой.

В настоящее время имеется достаточно полная информация о целесообразности введения борных добавок в защиту ядерных реакторов (см., например, /1,2/). В результате исследований было показано, что максимальное сокращение толщины защиты за счёт введения борных добавок может достигать 27%.

К сожалению, информация об эффективности борных добавок в защите ускорителей высоких энергий практически отсутствует и ограничена рассмотрением вопроса о возможности использования борных добавок для уменьшения степени активации поверхности защиты /3-5/. Однако, как показали результаты расчётов и экспериментов /6-8/, вклад захватного гамма-излучения в суммарную мощность дозы в защите от рассеянного излучения ускорителей довольно существенен. Так, например, для "мягкого" спектра рассеянного излучения синхротрона ОИЯИ вклад захватного гамма-излучения в суммарную мощность дозы за защитой толщиной 140 см составляет 80% /6/.

В данной работе проведено экспериментальное исследование эффективности борных добавок в обычном бетоне для двух случаев: а) использование боросодержащего покрытия с различным содержанием бора на поверхности защиты и б) введение бора в защиту в количестве 15 кг/м^3 . Для исследования эффективности боросодержащих покрытий использовалась экспериментальная установка, описание которой дано в работе/8/. На поверхности этой установки, находившейся в условиях "жесткого" спектра рассеянного излучения, располагалось боросодержащее покрытие, изготовленное путем введения карбида бора в поливинилацетатный слой на древесно-волокнистой основе. В табл. 1 дан химический состав боросодержащих покрытий для трех различных концентраций бора. На рис. 1 приведено распределение потоков нейтронов низких энергий и мощности дозы захватного гамма-излучения в обычном бетоне с боросодержащим покрытием на поверхности. Для сравнения приведены также экспериментальные данные по распределению потоков излучений указанных групп в обычном бетоне без боросодержащего покрытия. Характеристики детекторов, использованных в опытах, даны в работе/9/. Наличие боросодержащего покрытия на поверхности защиты приводит к некоторому уменьшению мощности дозы захватного гамма-излучения. Для покрытия с содержанием бора $2,4 \text{ кг/м}^2$ мощность дозы захватного гамма-излучения на толщине защиты, превышающей 40 см , уменьшается приблизительно в 2 раза по сравнению с мощностью дозы захватного гамма-излучения в защите без боросодержащего

Таблица 1
Химический состав боросодержащих покрытий

Толщина покрытия, кг/м^2	Содержание элементов, кг/м^2				
	Поливинилацетат $(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2)_x$	Дибутилфтолат $(\text{C}_8\text{H}_{22}\text{O}_4)_x$	Древесина хх/	Вода	Карбид бора
7,5	3,1	0,5	2,7	0,6	0,5
15,5	6,3	1,0	5,4	1,2	1,5
24,0	9,4	1,5	8,1	1,8	3,0

x/ формула атомного состава

хх/ состав сухой древесины: углерод - 49,4%, кислород 44,1%, водород 6,3%, прочие минеральные вещества - 0,2%/11/.

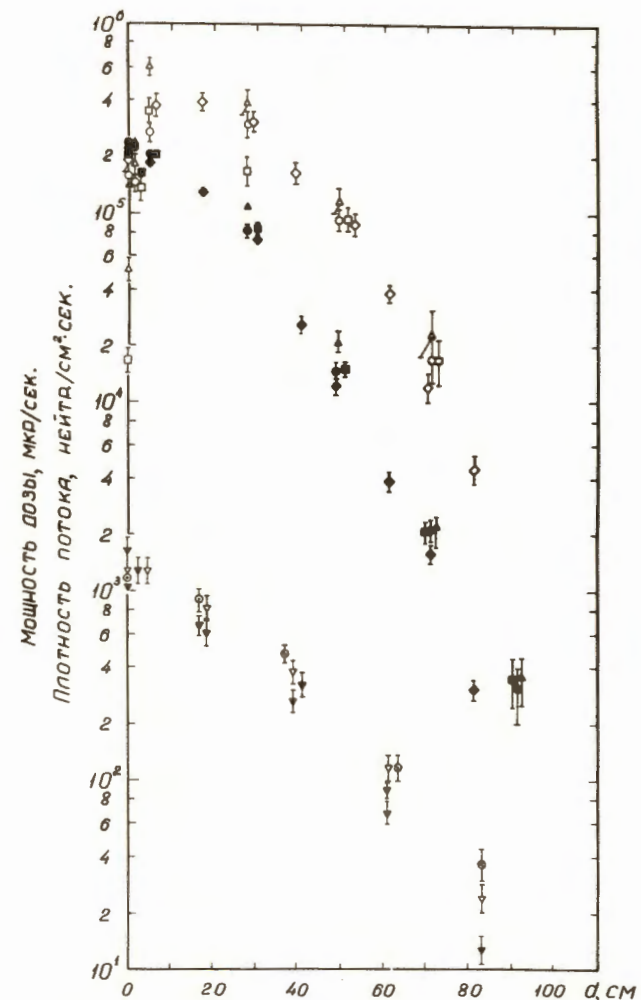


Рис. 1. Ослабление рассеянного излучения в бетоне ($\rho = 2,35 \text{ г/см}^3$) с боросодержащим покрытием. ● - распределение потока резонансных нейтронов ($E = 1,44 \text{ эв}$) при боросодержащем покрытии с содержанием бора $0,4 \text{ кг/м}^2$, ▲ - то же при содержании бора $1,2 \text{ кг/м}^2$, ■ - то же при содержании бора $2,4 \text{ кг/м}^2$, ◆ - то же без боросодержащего покрытия, ○ - распределение потока тепловых нейтронов при боросодержащем покрытии с содержанием бора $0,4 \text{ кг/м}^2$, △ - то же при содержании бора $1,2 \text{ кг/м}^2$, □ - то же при содержании бора $2,4 \text{ кг/м}^2$, ◇ - то же без боросодержащего покрытия, ▼ - распределение мощности дозы гамма-излучения (мкр/сек) при боросодержащем покрытии с содержанием бора $0,4 \text{ кг/м}^2$, ▽ - то же при содержании бора $1,2 \text{ кг/м}^2$, ▾ - то же при содержании бора $2,4 \text{ кг/м}^2$, ⊕ - то же без боросодержащего покрытия.

покрытия. Этот эффект можно объяснить тем, что боросодержащее покрытие в основном поглощает падающие нейтроны низкоэнергетической части спектра нейтронов, при замедлении и последующем захвате которых в защите образуется гамма-излучение.

Для определения эффективности борных добавок, распределенных в защите, было проведено экспериментальное исследование ослабления потоков рассеянных нейтронов различных энергетических групп в композиции боросодержащий бетон + обычный бетон. В экспериментальной установке, описание которой приведено в работе^{/7/}, верхний слой обычного бетона толщиной 40 см был заменен боросодержащим бетоном с содержанием бора 15 кг/м³. Химический состав этого бетона дан в табл. 2. На рис.2

Таблица 2

Химический состав обычного бетона^{х/} с добавками карбида бора

Плотность, кг/м ³	Содержание элементов, кг/м ³										
	Н	В	О	С	Mg	Al	Si	S	Ca	Fe	Прочие (Na, Mn и др)
≈ 2250	15	15	1110	130	90	50	350	10	470	2,0	≈ 8

^{х/} точность ±5%.

приведено распределение потоков рассеянных нейтронов различных энергетических групп и мощности дозы захватного гамма-излучения в композиции боросодержащий бетон + обычный бетон. Для сравнения на этом же рисунке приведено распределение потоков рассеянного излучения в обычном бетоне.

Введение верхнего слоя боросодержащего бетона толщиной 40 см в защиту из обычного бетона приводит к примерно десятикратному уменьшению мощности дозы захватного гамма-излучения на последующих толщинах защиты по сравнению с мощностью дозы захватного гамма-излучения в защите из обычного бетона. Согласно методике расчёта захватного гамма-излучения, предложенной в работе^{/8/}, максимальное уменьшение мощности дозы захватного гамма-излучения за счёт введения в защиту борных добавок оценивается приблизительно в 12 раз. Следовательно, дальнейшее увеличение слоя боросодержащего бетона не приведет к заметному уменьшению мощности дозы захватного гамма-излучения.

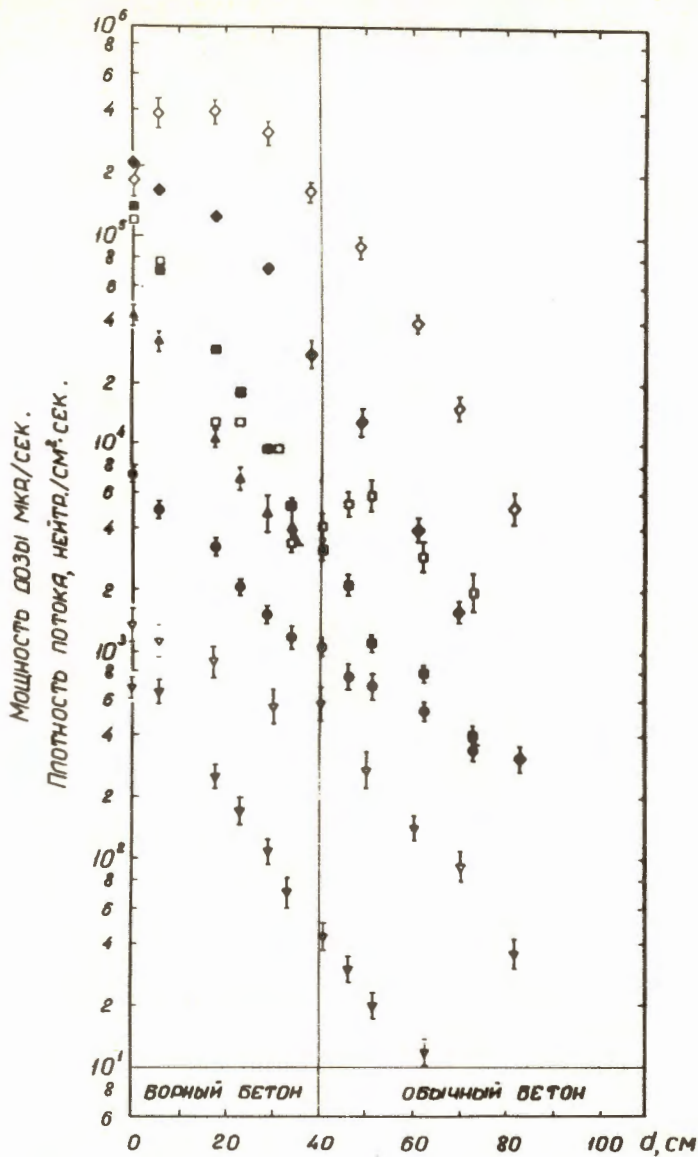


Рис. 2. Ослабление рассеянного излучения в композиции боросодержащий бетон (с содержанием бора 15 кг/м^3) + обычный бетон. ● - распределение потока нейтронов высокой энергии ($E > 20 \text{ Мэв}$) ▲ - потока быстрых нейтронов, ■ - потока резонансных нейтронов ($E \approx 1,44 \text{ эв}$), ◆ - потока резонансных нейтронов ($E \approx 1,44 \text{ эв}$) в обычном бетоне, □ - потока тепловых нейтронов, ◇ - потока тепловых нейтронов в обычном бетоне, ▼ - мощности дозы гамма-излучения (мкр/сек), ▽ - мощности дозы гамма-излучения (мкр/сек) в обычном бетоне.

Для "мягкого" спектра рассеянного излучения синхротрона ОИЯИ/6/ сокращение толщины защиты, необходимой для снижения уровня излучений до предельно допустимой в обслуживаемом помещении /10/, за счёт введения 40 см боросодержащего бетона составляет приблизительно 25%. Если в общем потоке рассеянного излучения от ускорителей доля быстрых нейтронов и нейтронов высоких энергий ($E > 20$ Мэв) пренебрежимо мала, то выигрыш в толщине защиты может быть доведен до 40 см обычного бетона.

Однако при использовании боросодержащего бетона уменьшение толщины защиты, по-видимому, не компенсирует возрастание стоимости защиты и, таким образом, вопрос о применении боросодержащих бетонов в защите от рассеянного излучения ускорителей следует рассматривать только в случаях, когда на размеры требуемой защиты накладываются жесткие ограничения.

Л и т е р а т у р а

1. Бродер Д.Л. и др. В сб. "Вопросы физики защиты реакторов", вып. 2, стр. 184, Атомиздат, 1966.
2. Дубровский В.Б. и др. Атомная энергия, 23, (1967).
3. R.Thonias, Nucleonics, N4, 64 (1966).
4. W.C.Middelkoop and B. de Raad, CERN AR/Int, SG/65-13.
5. D.Nactigall and S.Charalanibus CERN, 66-28, 1966.
6. Л.Н. Зайцев и др. Препринт ОИЯИ Р16-3591, Дубна 1967.
7. Л.Н.Зайцев и др. Препринт ОИЯИ Р9-3435, Дубна 1967.
8. Л.Р.Кимель и др. Препринт ОИЯИ Р9-3402, Дубна 1967.
9. Б.С.Сычев и др. Атомная энергия, 20, 323 (1966).
10. Санитарные правила работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений. Госатомиздат, М., 1963.
11. Г.Г.Карлсен и др. Деревянные конструкции, Госстройиздат, М., 1961.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 июня 1968 года.