

ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ АНТИНЕЙТРИННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ АЭС

Ершов Д.К. (Смоленский государственный педагогический университет)

Работающий блок АЭС является мощным источником антинейтринного излучения. Известно [1], что в результате радиоактивных превращений продуктов деления в среднем на один акт деления ядер ^{235}U в активной зоне реактора испускается в среднем шесть антинейтринно $\bar{\nu}$ энергией, достигающей 10 МэВ. Вследствие быстрого спада энергетического спектра частиц с такой энергией относительно мало, из 202,7 МэВ энергии, выделяющейся в результате одного акта деления ^{235}U , на долю $\bar{\nu}$ в среднем приходится 9,6 МэВ [2]. Дополнительным источником $\bar{\nu}$ -излучения является отработавшее ядерное топливо [3], которое складывается на площадках АЭС. Сечение взаимодействия $\bar{\nu}$ с веществом мало $\sim 10^{-44} \text{ см}^2$ [4], поэтому поглощенная веществом энергия мала, соответственно мала и доза.

Распространено мнение, что та или иная технология имеет право на применение лишь при условии, что ее воздействие на биосферу не превышает влияния аналогичного природного источника. В этой связи представляет интерес оценить размер зоны вокруг АЭС, в которой интенсивность $\bar{\nu}$ -излучения от энергоблоков и хранилищ отработавшего топлива превышает интенсивность природных источников.

Основным источником нейтрино ν у поверхности Земли является Солнце. Плотность потока нейтринного излучения достигает $10^{10} - 10^{11} \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ [4]. Источниками естественного $\bar{\nu}$ -излучения являются $^{235,238}\text{U}$, ^{232}Th и продукты их распада, а также ^{40}K . Плотность потока этого излучения у поверхности Земли оценивается $8,5 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$ [5].

Поскольку реакции под действием ν и $\bar{\nu}$ существенно различаются, $\bar{\nu}$ -излучение АЭС следует сравнивать только с $\bar{\nu}$ -излучением Земли [6]. Выход антинейтринно от ядерного реактора $F_{\bar{\nu}} = 1,9 \cdot 10^{17} \text{ W (с}^{-1}\text{)}$, где W — тепловая мощность реактора, МВт [1]. В случае трех блоков Смоленской АЭС $F_{\bar{\nu}} = 1,7 \cdot 10^{21} \text{ с}^{-1}$. Теперь нетрудно показать, что в зоне радиусом 40 км плотность потока техногенного источника выше природного и сравнивается с ним на границе зоны.

На расстоянии 100 м (зона обслуживания АЭС) плотность потока $\bar{\nu}$ $10^{11} \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$, в то время как согласно данным [7] плотность потока фотонов энергией 1 МэВ, соответствующая допустимой дозе облучения биологической ткани, составляет $\varphi_{\gamma} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2}$. Поскольку сечения электромагнитных взаимодействий фотонов в 10^{19} раз превышают сечения слабых взаимодействий антинейтринно такой же энергией, имеется «запас прочности» в 10^{11} раз.

При взаимодействии γ -излучения с веществом основную роль играет взаимодействие γ -квантов с электронами оболочек атомов. В случае же поглощения $\bar{\nu}$ доминируют процессы взаимодействия с нуклонами ядра $\bar{\nu} + p \rightarrow n + e^+$, что вызывает изменение химического состава. Фактически происходит так называемый обратный β -распад. При этом возникает позитрон, который аннигилирует с электроном оболочки, что приводит к существенной перестройке последней и излучению моноэнергетических γ -квантов энергией 1,02 МэВ. Если считать изменение химического состава мутацией, которую организм безболезненно переносит на уровне 10^{-7} , то запас прочности снижается до 10^4 раз.

Таким образом, если нет избирательной чувствительности организма к действию $\bar{\nu}$ -излучения, то не должно возникнуть серьезных радиозологических проблем от этого излучения.

По мере эксплуатации АЭС активность отработавшего ядерного топлива возрастает, достигая через определенное время равновесного значения. Оценки этих значений для Смоленской АЭС приведены в работе [8]. Учет этого дополнительного источника не изменяет результаты и основные выводы настоящей работы.

Исследование выполнено по плану работ Смоленского регионального НМЦ по проблемам экологии в ядерной энергетике при СГПУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровой А.А., Хакимов С.Х. Нейтринные эксперименты на ядерных реакторах. М.: Энергоатомиздат, 1990. 152 с.
2. James M. Energy release in fission. — J. Nucl. Energy, 1969, v. 23, p. 517—523.
3. Бета- и антинейтринное излучение радиоактивных ядер. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1989. 800 с.
4. Марков М.А. Нейтрино. М.: Наука. 1964. 164 с.
5. Antineutrinos: a window on the earth's interior/hecht J_{eff} . — New. Sci. 1991, v. 130, № 1769, p. 22—25.
6. Окунь Л.Б. Лептоны и кварки. М.: Наука, 1990. 346 с.
7. Матвеев Л.В., Рудик А.П. Почти все о ядерном реакторе. М.: Энергоатомиздат, 1990. 240 с.
8. Ершов Д.К. Оценка равновесной радиоактивности продуктов деления в отработавшем ядерном топливе Смоленской АЭС. — Атомная энергия, 1997, т. 82, вып. 1, с. 74—75.