

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ АЛЬБЕДО НЕЙТРОНОВ В КОМПОЗИТНОМ МАТЕРИАЛЕ

©2022 г. А.В. Носков^{1,2)}, В.А. Шуршаков³⁾, В.И. Павленко¹⁾,
Н.И. Черкашина¹⁾, Д.С. Романюк¹⁾

¹⁾ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия

²⁾ Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Белгород, Россия

³⁾ Институт медико-биологических проблем РАН
Москва, Россия

noskovbupk@mail.ru

В работе изучается зависимость альbedo нейтронов рассеиваемых в мишени конечной толщины, являющейся композитным материалом. В работе рассматривается диапазон энергии нейтронов, который является очень важным с точки зрения радиационной защиты биологических объектов в космическом пространстве. Получено выражение, описывающее альbedo нейтронов в композитном материале. Показано зависимость альbedo нейтронов от толщины композитного материала и энергии нейтронов на примере полиэтилена и разработанного композита на основе полиэтилена и карбида бора.

СОСТАВ МАТЕРИАЛОВ

Будем исследовать композит, разработанный и произведенный нами на основе полиэтилена и карбида бора плотностью $\rho = 1,51 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$ имеющий следующий элементный состав (см. Таблица 1).

Полиэтилен+40%B ₄ C		
В	С	Н
26,1%	65,2%	8,7%

Для сравнения также исследуем альbedo нейтронов в чистом полиэтилене (см. Таблица 2), плотностью $\rho = 0,93 \frac{\Gamma}{\text{см}^3}$.

С	Н
86%	14%

РАСЧЕТ АЛЬБЕДО НЕЙТРОНОВ В КОМПОЗИТНОМ МАТЕРИАЛЕ

Альbedo нейтронов – это вероятность отражения нейтронов в результате их многократного рассеяния в среде. Выражение, описывающее значение альbedo от толщины мишени в диффузионной теории переноса нейтрона в веществе определяется выражением:

$$\beta = \frac{1 - 2 \frac{D}{L} \text{cth} \frac{d}{L}}{1 + 2 \frac{D}{L} \text{cth} \frac{d}{L}}, \quad D = \frac{1}{3\Sigma_s(1 - \overline{\cos \varphi})}, \quad L = \frac{1}{\sqrt{3\Sigma_a\Sigma_s(1 - \overline{\cos \varphi})}}, \quad (1)$$

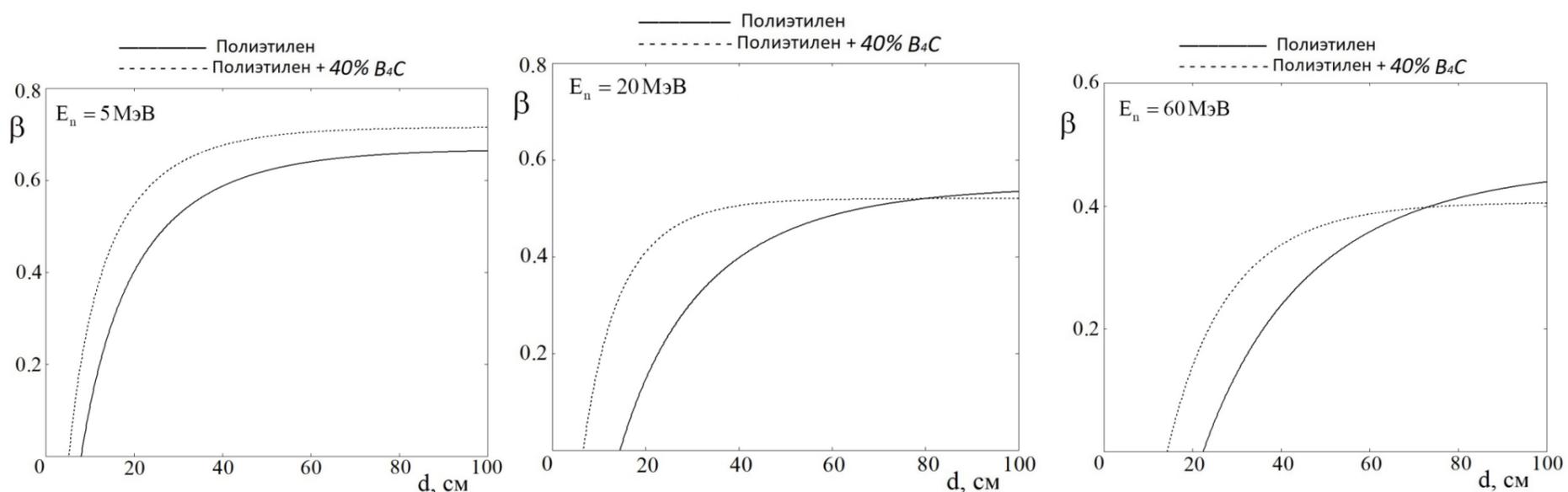
где D – коэффициент диффузии, L – длина диффузии, d – толщина композита, Σ_s и Σ_a – макроскопические сечения рассеяния и поглощения, $\overline{\cos \varphi} = \frac{2}{3A}$ – средний косинус угла рассеяния нейтронов в веществе, A – относительная атомная масса вещества. Для композитного вещества, состоящего из атомов различных элементов макроскопические сечения рассеяния и поглощения нейтронов запишем в виде

$$\Sigma_s = N_a \left(\frac{\rho_1}{A_1} \sigma_{s,1} + \frac{\rho_2}{A_2} \sigma_{s,2} + \dots + \frac{\rho_n}{A_n} \sigma_{s,n} \right), \quad \Sigma_a = N_a \left(\frac{\rho_1}{A_1} \sigma_{a,1} + \frac{\rho_2}{A_2} \sigma_{a,2} + \dots + \frac{\rho_n}{A_n} \sigma_{a,n} \right), \quad (2)$$

где ρ_1, \dots, ρ_n – плотности соответствующих веществ, входящих в композит, имеющих относительные атомные массы A_1, \dots, A_n . $\sigma_{s,1}, \dots, \sigma_{s,n}$, $\sigma_{a,1}, \dots, \sigma_{a,n}$ – сечения рассеяния и поглощения нейтронов атомами композитного вещества. Средний косинус угла рассеяния нейтронов в композитном веществе принимает следующий вид

$$\overline{\cos \varphi} = \frac{\overline{\cos \varphi}_1 \Sigma_{s,1} + \overline{\cos \varphi}_2 \Sigma_{s,2} + \dots + \overline{\cos \varphi}_n \Sigma_{s,n}}{\Sigma_s}, \quad \text{где } \Sigma_{s,i} = N_a \frac{\rho_i}{A_i} \sigma_{s,i}, \quad \overline{\cos \varphi}_i = \frac{2}{3A_i}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Зависимость альbedo нейтронов от толщины мишеней из композитных материалов



Показано, что альbedo нейтронов для композита из полиэтилена и карбида бора существенно превышает альbedo нейтронов из полиэтилена для определенной области толщины мишеней. При увеличении толщины альbedo от полиэтилена начинает превышать альbedo от разработанного композита. Показано увеличение отражательной способности композитов с увеличением толщины мишени, при этом возникает насыщение. Толщина насыщения альbedo увеличивается с увеличением энергии нейтронов. Показано, что с уменьшением энергии нейтронов альbedo от разработанного композитного материала увеличивается.