

УДК 539.216.2:620.198

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКРАНИРУЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК
TeO₂-Bi₂O₃- WO₃ КЕРАМИК**

Смагулова Айгерім Ғазизқызы

smagulova@mail.ru

Магистрант 2-го курса специальности "Ядерная физика"

ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Шлимас Д.И.

Введение

На данный момент традиционными способами защиты помимо расстояния являются бетонные конструкции и свинцовые листы, которые обладают большим сечением захвата и высокой поглощающей способностью [1-3]. Однако, не смотря на хорошие показатели радиационной защиты данные материалы, также имеют ряд существенных недостатков. Так, к примеру, свинец, не смотря на высокую поглощающую способность и показатели экранирования, является токсичным материалом и в какой-то мере небезопасным для человека [3]. Бетон в свою очередь может содержать в себе примеси или области с неравновесным фазовым составом, а также подвержен процессам коррозии и деградации со временем, что ведет к образованию микротрещин и растрескиванию [4,5]. Также оба этих материала являются по своей природе непрозрачными, что исключает возможность прямого визуального наблюдения за излучающими объектами или горячими камерами, если это необходимо [6].

В последние годы одним из альтернативных путей решения проблемы радиационной защиты является создание так называемых тяжелых стекол или керамик, в составе которых содержатся редкоземельные элементы или элементы с большим атомным номером [7-9]. Как правило, это структуры, в состав которых входят такие элементы как В, Ва, Са, Zn, Те, Мо, W, Ві и т.д. Отличительными особенностями данных материалов являются высокие показатели массового коэффициента ослабления ионизирующего излучения, высокие показатели эффективности экранирования от 30 до 70-80%, устойчивости к радиационным повреждениям и деградации [10].

Цель работы является определение влияния фазового состава композитных керамик Bi₂O₃-WO₃-TeO₂ на эффективность экранирования электронного и гамма-излучения. Объектами

исследования являются поликристаллические керамики $\text{TeO}_2\text{-Bi}_2\text{O}_3\text{-WO}_3$, полученные с применением метода твердофазного синтеза.

Экспериментальная часть

Синтез образцов проводился с применением метода механохимического синтеза с последующим спеканием перемешанных в планетарной мельнице при количестве 400 оборотов в минуту в течение 1 часа. Термический отжиг проводился в диапазоне от 300 до 800°C в течение 5 часов и последующего остывания вместе с печью в течение 24 часов. В качестве исходных компонент были выбраны соли Bi_2O_3 , TeO_2 , WO_3 (Sigma Aldrich) в равных стехиометрических пропорциях и имели химическую чистоту 99.9%.

Для проведения исследований по оценке эффективности экранирования электронного излучения синтезированными при различных температурах керамиками были введены следующие обозначения: TBW-0, TBW-300, TBW-400, TBW-500, TBW-600, TBW-700, TBW-800 для образцов в исходном состоянии и отожженные при 300°C, 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C соответственно. Оценка экранирования проводилась путем размещения синтезированных керамик толщиной 1 мм на детекторе и последующего облучения до дозы 100 кГр. Для контроля дозы рядом с образцом размещался дополнительный детектор без экранирования. Первичная оценка эффективности определялась путем сравнения набранной дозы облучения детекторами с экраном и без экрана.

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлены результаты изменения величины экранирования в зависимости от типа образца в пересчете на процент эффективности.

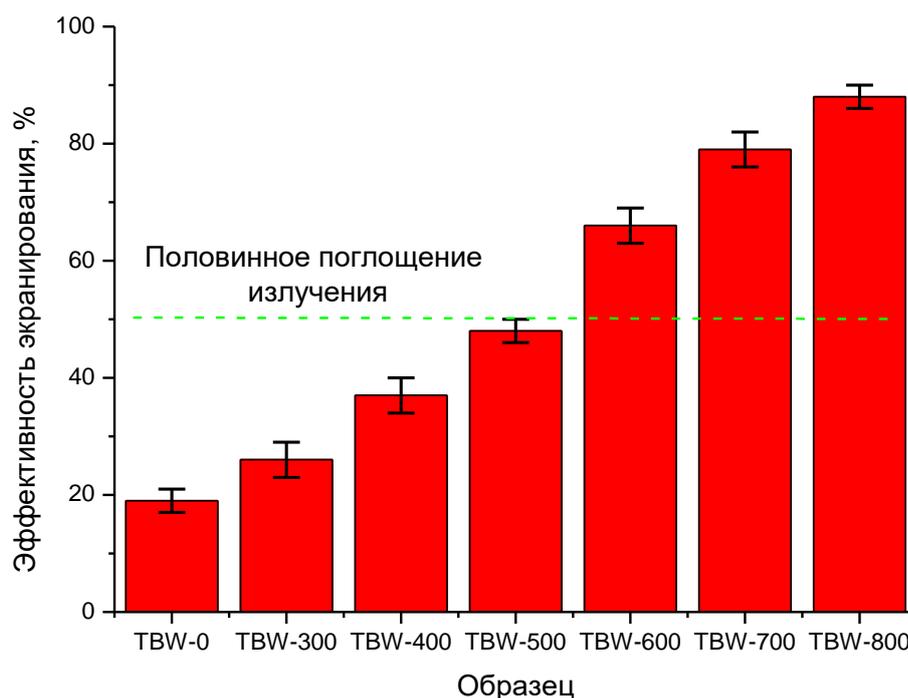


Рисунок 1 - Диаграмма эффективности экранирования электронного излучения

Как видно из представленных данных, в случае образцов полученных при температурах 300-500°C эффективность экранирования достаточно низкая и не превышает 50 %. Такое поведение экранирующих характеристик может быть обусловлено фазовым составом синтезированных керамик при данном диапазоне температур, который характеризуется доминированием фаз WO_3 и $\text{Bi}_2\text{Te}_4\text{O}_{11}$ в структуре керамик. При этом плотность данных керамик достаточно низкая по сравнению с образцами, отожженными при температурах выше 500°C, для которых эффективность экранирования составляет от 66 до 88 % в зависимости от температуры отжига керамик. Увеличение плотности керамик, а также фазового состава за счет формирования

фазы $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{W}_3\text{O}_{16}$ приводит к увеличению эффективности экранирования на 20-30 %. При этом для аморфных керамик, степень экранирования наивысшая и сравнима по эффективности с аналогичными структурами похожих составов.

Заключение

В ходе испытаний на эффективность экранирования электронного излучения было установлено, что в случае образцов полученных при температурах 300-500°C эффективность экранирования достаточно низкая и не превышает 50 %, что обусловлено низкой плотностью керамик. Увеличение плотности керамик, а также изменение фазового состава за счет формирования фазы $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{W}_3\text{O}_{16}$ приводит к увеличению эффективности экранирования на 20-30 %. При этом для аморфных керамик, степень экранирования наивысшая и сравнима по эффективности с аналогичными структурами похожих составов.

Список литературы

- 1 Lakshminarayana, G., et al. X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and radiation shielding parameters investigations for zinc molybdenum borotellurite glasses containing different network modifiers. // *Journal of materials science*. – 2017. – Vol. 52.12. – P. 7394-7414.
- 2 Amritphale, S. S., et al. Development of celsian ceramics from fly ash useful for X-ray radiation-shielding application. // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2007. – Vol. 27.16. – P. 4639-4647.
- 3 McCaffrey, J. P., et al. Radiation attenuation by lead and nonlead materials used in radiation shielding garments. // *Medical physics*. – 2007. – Vol. 34.2. – P. 530-537.
- 4 Sopapan, P., et al. Feasibility study of recycled CRT glass on elastic and radiation shielding properties used as x-ray and gamma-ray shielding materials. // *Progress in Nuclear Energy*. – 2020. – Vol. 119. – P. 103149.
- 5 McCaffrey, J. P., E. Mainegra-Hing, and H. Shen. Optimizing non-Pb radiation shielding materials using bilayers. // *Medical physics*. – 2009. – Vol. 36.12. – P. 5586-5594.
- 6 Roslan, Muhammad Khairi Azri, et al. High-density concrete: exploring Ferro boron effects in neutron and gamma radiation shielding. // *Construction and Building Materials*. – 2019. – Vol.215. – P. 718-725.
- 7 Ling, Tung-Chai, et al. Utilization of recycled cathode ray tubes glass in cement mortar for X-ray radiation-shielding applications. // *Journal of hazardous materials*. – 2012. – Vol. 199. – P. 321-327.
- 8 Al-Hadeethi, Y., and M. I. Sayyed. The influence of PbO on the radiation attenuation features of tellurite glass. // *Ceramics International*. – 2019. – Vol. 45.18. – P. 24230-24235.
- 9 Juncal, Xu, Ren Qingwen, and Shen Zhenzhong. Prediction of the strength of concrete radiation shielding based on LS-SVM. // *Annals of Nuclear Energy*. – 2015. – Vol. 85. – P. 296-300.
- 10 Akkurt, I., et al. Radiation shielding of concretes containing different aggregates. // *Cement and Concrete Composites*. – 2006. – Vol. 28.2. – P. 153-157.