

**А. Т. Гейт¹, М. А. Ель-Сарраф^{2,*}, І. Е. Хасан^{1,3}, Н. Л. Хелал²,
Р. А. Різк¹, Амаль А. Ель-Саві², А. Ель-Сайєд Абдо⁴**

¹ *Природничий факультет Університету Хелуана, Каїр, Єгипет*

² *Адміністрація регулювання ядерної та радіологічної безпеки, Каїр, Єгипет*

³ *Коледж науки і мистецтв, Університет Кассім, Саудівська Аравія*

⁴ *Центр ядерних досліджень, Управління атомної енергії, Каїр, Єгипет*

*Відповідальний автор: magdsarraaf@yahoo.com

ОЦІНКА ПОЛІМЕРНОГО КОМПОЗИТА ЯК ОСЛАБЛЮВАЧА РАДІАЦІЇ ТА РЕСТАВРАЦІЙНОГО РОЗЧИНУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗТРИСКУВАНЬ У БІОЛОГІЧНОМУ ЗАХИСТІ

Ця робота присвячена дослідженню стійкого композиційного матеріалу на основі епоксиду/магнетиту/карбіду бору (EP/Mag/B₄C) для ослаблення радіаційного випромінювання при багатьох застосуваннях, пов'язаних з ядерними установками, а також розчину для усунення розтріскувань у бетонному біологічному захисті. Було досліджено механічні властивості (міцність на вигин, стиск та ударна міцність) та фізичні властивості (водопоглинання, пористість та насипна щільність) для визначення придатності композиту для практичного застосування. Ослаблення радіації вимірювалося за допомогою колімованих пучків нейтронів, що випромінювалися при спонтанному поділі ²⁵²Cf (100 мкг), та спектрометра гамма-квантів і нейтронів із стильбеновим сцинтилятором. Використовувалася дискримінація за формою імпульсу з використанням методу нульового перетину для отримання спектрів швидких нейтронів та гамма-квантів. Потoki теплових нейтронів вимірювали за допомогою системи детектування теплових нейтронів з детектором BF-3. Параметри ослаблення, а саме: макроскопічні ефективні поперечні перерізи Σ_R (см⁻¹), макроскопічні перерізи Σ (см⁻¹) та загальні коефіцієнти ослаблення μ (см⁻¹) швидких та теплових нейтронів та гамма-квантів оцінювалися за допомогою відповідних співвідношень. Для теоретичного обчислення параметрів використовували програми MCNP5 та MERCSEF-N. Виміряні та розраховані результати порівнювалися, коли це було можливо, і порівняння свідчать про їхню гарну згоду.

Ключові слова: біологічний захист, композит, спектри нейтронів та гамма-квантів, параметри ослаблення, програма MCNP.

**A. T. Gheith¹, M. A. El-Sarraaf^{2,*}, I. E. Hasan^{1,3}, N. L. Helal²,
R. A. Rizk¹, Amal A. El-Sawy², A. El-Sayed Abdo⁴**

¹ *Faculty of Science, Helwan University, Cairo, Egypt*

² *Nuclear & Radiological Regulatory Authority, Cairo, Egypt*

³ *College of Science and Arts at Albnhaniah, Qassim University, Saudi Arabia*

⁴ *Nuclear Research Centre, Atomic Energy Authority, Cairo, Egypt*

*Corresponding author: magdsarraaf@yahoo.com

ASSESSMENT OF A POLYMERIC COMPOSITE AS A RADIATION ATTENUATOR AND A RESTORATION MORTAR FOR CRACKING IN BIOLOGICAL SHIELDS

This work is dedicated to figuring out robust epoxy/magnetite/boron carbide (EP/Mag/B₄C) composite for radiation attenuation at multiple applications related to nuclear installations, as well as restoration mortar for cracking developed in concrete biological shields. The mechanical properties (flexural, compressive, and impact strengths) and the physical properties (water absorption, porosity, and dry bulk density), each, have been performed to label the composite integrity for practical application. In practice, attenuation properties have been performed by using a collimated beam emitted from spontaneous fission ²⁵²Cf (100 μg) neutron source and neutron gamma spectrometer with stilbene scintillator. The pulse shape discrimination technique which would come of the zero cross over method was used to measure the fast neutron and gamma-ray spectra. Thermal neutron fluxes have been measured by using the thermal neutron detection system and the BF-3 detector. The attenuation parameters: precisely, macroscopic effective removal cross-sections Σ_R (cm⁻¹), macroscopic cross-sections Σ (cm⁻¹), and total attenuation coefficients μ (cm⁻¹) of fast and thermal neutrons and total gamma-rays respectively were evaluated using the attenuation relations. Also, the MCNP5 code and MERCSEF-N program have been used to compute the parameters theoretically. When applicable, measured and calculated results were compared, and it tells us a comprehensive agreement.

Keywords: biological shield, composite, neutron and gamma-ray spectra, attenuation parameters, MCNP code.

REFERENCES

1. R.T.L. Allen, S.C. Edwards. *The Repair of Concrete Structure* (Glasgow: Blackie, 1987).
2. P.K. Mukherjee, J.J. Deans. Service Performance of Nuclear Containment Concrete. *Concrete International – Design & Construction* 10(12) (1988) 75.
3. C.E. Acevedo, M.G. Serrato. Determining the Effects of Radiation on Aging Concrete Structures of Nuclear Reactors. *Proc. WM2010 Conf. Phoenix, AZ, March 7 - 11, 2010, Paper 10243*.
4. S. Granata, A. Montagnini. Studies on behavior of concretes under irradiation. In: *Concrete for Nuclear Reactors. Vol. 2 of Special Publication SP-34* (American Concrete Institute, 1972) p. 1163.
5. M. Xanthos. *Functional Fillers for Plastics*. 2-nd ed. (New York: John Wiley & Sons, 2010).
6. M.C.Y. Niu. *Composite Airframe Structures: Practical Design Information and Data* (Hong Kong: Conmlit Press Ltd, 1992).
7. D.-H. Kim. *Composite Structures for Civil and Architectural Engineering* (London, Glasgow, New York, Tokyo: E & FN Spon, 1995).
8. H.S. Katz, J.V. Milewski (Eds.). *Handbook of Fillers for Plastics* (New York: Van Nostrand, Reinhold Co., 1987).
9. I.I. Bashter, A. El-Sayed Abdo, M.S. Abdel-Azim. Magnetite ores with steel or basalt for concrete radiation shielding. *Jpn. J. Appl. Phys.* 36 (1997) 3692.
10. A. El-Sayed Abdo, R.M. Megahid. Homogeneous and multilayered shields for neutrons and gamma rays. *Jpn. J. Appl. Phys.* 40 (2001) 2460.
11. A.E. Profio. *Radiation Shielding and Dosimetry* (USA: A widely-Interscience publication, a division of John Wiley and Sons, 1979).
12. S. Glasstone, A. Sesonske. *Nuclear Reactor Engineering*. 3-rd ed. (Delhi, India: CBS Publishers & Distributors, 1986).
13. M.A. El-Sarraf, A. El-Sayed Abdo. Insulating epoxy/barite and polyester/barite composites for radiation attenuation. *Appl. Rad. Isot.* 79 (2013) 18.
14. M.A. El-Sarraf, A. El-Sayed Abdo. Influence of magnetite, ilmenite and boron carbide on radiation attenuation of polyester composites. *Rad. Phys. Chem.* 88 (2013) 21.
15. A. El-Sayed Abdo, M.A.M. Ali, M.R. Ismail. Influence of magnetite and boron carbide on radiation attenuation of cement-fiber/composite. *Ann. Nucl. Energy* 30(4) (2003) 391.
16. H. Lee, K. Neville. *Handbook of Epoxy Resins* (New York: McGraw- Hill Book, 1987).
17. A. El-Sayed Abdo, M.A. El-Sarraf, F.A. Gaber. Utilization of ilmenite/epoxy composite for neutrons and gamma rays attenuation. *Ann. Nucl. Energy* 30(2) (2003) 175.
18. ASTM. Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics. *ASTM Designation 695* (1991).
19. ASTM. Standard Test Methods for Flexural Properties of Un-Reinforced and Reinforced Plastics and Electrical Materials. *ASTM Designation 790* (1990).
20. ASTM. Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastics and Electrical Insulating Materials. *ASTM Designation 256* (1990).
21. ASTM. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. *ASTM Designation 570-81* (1981).
22. ASTM. Standard Test Method for Dry and Wet Bulk Density, Water Absorption, and Apparent Porosity of Thin Sections of Glass-Fibre Reinforced Concrete. *ASTM Designation C 948 - 81* (1981).
23. R.A. Winyard, J.E. Lutkin, G.W. McBeth. Pulse shape discrimination in inorganic and organic scintillators. *Nucl. Instrum. Meth.* 95(1) (1971) 141.
24. T.G. Miller. Measurement of pulse shape discrimination parameters for several scintillators. *Nucl. Instrum. Meth.* 63(1) (1968) 121.
25. I.I. Bashter, A.S. Makarios, A. El-Sayed Abdo. Investigation of hematite-serpentine and ilmenite limonite concretes for reactor radiation shielding. *Ann. Nucl. Energy* 23(1) (1996) 65.
26. M.E. Toms. A computer analysis to obtain neutron spectra from an organic scintillator. *Nucl. Instrum. Meth.* 92(1) (1971) 61.
27. Yu.I. Kolevatov, V.I. Kukhtevich, I.V. Goryachev. Scintillation gamma spectrometry with stilbene crystal. *Voprosy Dozimetrii i Zashchity ot Izlucheniya* 10 (1969) 131. (Rus)
28. A. El-Sayed Abdo, M.A.M. Ali, M.R. Ismail. Natural fibre high-density polyethylene and lead oxide composites for radiation shielding. *Rad. Phys. Chem.* 66(3) (2003) 185.
29. G.F. Knoll. *Radiation Detection and Measurement*. 4-th ed. (New York: John Wiley & Sons, 2010).
30. X-5 Monte Carlo Team. MCNP – A general Monte Carlo Code for Neutron and Photon Transport. Version 5 (Los Alamos National Laboratory, USA, 2005).
31. A.M. El-Khayatt, A. El-Sayed Abdo. MERCSEF-N: A program for the calculation of fast neutron removal cross sections in composite shields. *Ann. Nucl. Energy* 36(6) (2009) 832.