

Ashraf Hamid¹, Hesham Shahbunder²

¹ *Department of Radioactive Environmental Pollution, Hot Laboratories Center,
Atomic Energy Authority, Cairo, Egypt*

² *Physics Department, Faculty of Science, Ain Shams University, Cairo, Egypt*

k₀-PGNAA OF POLLUTANTS IN AQUEOUS SAMPLES USING MCNP CODE

Prompt γ -neutron activation analysis (PGNAA) using the k_0 method by employing the 1951.1 keV γ -line of the $^{35}\text{Cl}(n, \gamma)^{36}\text{Cl}$ thermal neutron reaction as monostandard comparator was described. The method has been applied and evaluated using the anti-Compton prompt γ -ray neutron activation analysis facility using ^{252}Cf neutron source with a neutron flux of $6.16 \cdot 10^6 \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. A well-type HPGe detector as the main detector surrounded by NaI(Tl) guard detector has been arranged to investigate the performance of the Compton suppression spectrometer using the simplified slow circuit. The properties of neutron flux were determined by MCNP code calculations. In order to determine the efficiency curve of an HPGe detector, the prompt γ -rays from chlorine were used and an exponential curve was fitted. AC-PGNAA method has been used for the determination of high neutron absorbing elements like Cd, Sm and Gd as well as 20 light and heavy elements (Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Mn, Sc, Fe, Co, Zn, La, Rb, Cs, As and Th) in standard reference materials (IAEA, Soil-7) and ten sediment samples collected from El-Manzala lake in northern part of Egypt. The reference material IAEA, Soil-7 was analyzed for data validation and good agreement between the experimental values and the certified values have been obtained.

Keyword: k_0 -PGNAA, AC-PGNAA, ^{252}Cf neutron source, water pollution, MCNP code, self shielding.

Ашраф Хамід, Хешам Шахбандер

¹ *Департамент радіоактивного забруднення навколишнього середовища, Центр “Hot Laboratories”,
Управління атомної енергії, Каїр, Єгипет*

² *Університет “Айн Шамс”, фізичний факультет, факультет природничих наук, Каїр, Єгипет*

k₀-НЕЙТРОННИЙ АКТИВАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ВМІСТУ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У ВОДНИХ ЗРАЗКАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМИ MCNP

Розглянуто швидкий активаційний аналіз (PGNAA) з використанням методу k_0 по γ -лінії 1951,1 кеВ реакції $^{35}\text{Cl}(n, \gamma)^{36}\text{Cl}$ на теплових нейтронах як стандартного компаратора. Метод було застосовано та перевірено за допомогою антикомптонової установки для швидкого γ -нейтронного активаційного аналізу з використанням джерела нейтронів ^{252}Cf з потоком нейтронів $6,16 \cdot 10^6 \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Добре відомий HPGe детектор в якості основного детектора, оточений NaI(Tl) детектором, було встановлено для дослідження ефективності комптонівського спектрометра за спрощеною повільною схемою. Властивості потоку нейтронів визначалися з розрахунків за програмою MCNP. Для знаходження кривої ефективності HPGe детектора використовувалося γ -випромінювання хлору й експериментальні дані підганялись експоненціальною залежністю. Метод AC-PGNAA було використано для визначення як сильно поглинаючих нейтрони елементів, таких як Cd, Sm та Gd, а також і 20 легких та важких елементів (Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Mn, Sc, Fe, Co, Zn, La, Rb, Cs, As та Th) стандартних еталонних матеріалів (МАГАТЕ, Soil-7) і 10 проб донних відкладень, узятих з озера Ель-Манзала в північній частині Єгипту. Еталонні матеріали МАГАТЕ, Soil-7 було проаналізовано для перевірки даних і було одержано добре узгодження між експериментальними та сертифікованими величинами.

Ключові слова: k_0 -PGNAA, AC-PGNAA, джерело нейтронів ^{252}Cf , забруднення води, програма MCNP, самоекранування.

¹ Департамент радиоактивного загрязнения окружающей среды, Центр "Hot Laboratories",
Управления атомной энергии, Каир, Египет

² Университет "Айн Шамс", физический факультет, факультет естественных наук, Каир, Египет

к₀-НЕЙТРОННЫЙ АКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДНЫХ ОБРАЗЦАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ MCNP

Рассматривается быстрый активационный анализ (PGNAA) с использованием метода k_0 по γ -линии 1951,1 кэВ реакции $^{35}\text{Cl}(n, \gamma)^{36}\text{Cl}$ на тепловых нейтронах как стандартного компаратора. Метод был применен и проверен с помощью антикомptonовской установки для быстрого γ -нейтронного активационного анализа с использованием источника нейтронов ^{252}Cf с потоком нейтронов $6,16 \cdot 10^6 \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Хорошо известный HPGe детектор в качестве основного детектора, окруженный NaI(Tl) детектором, был установлен для исследования эффективности комptonовского спектрометра по упрощенной медленной схеме. Свойства потока нейтронов определялись из расчетов по программе MCNP. Для определения кривой эффективности HPGe детектора использовались γ -лучи хлора и экспериментальные данные подгонялись экспоненциальной зависимостью. Метод AC-PGNAA был использован для определения как сильно поглощающих нейтроны элементов, таких как Cd, Sm и Gd, а также и 20 легких и тяжелых элементов (Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Mn, Sc, Fe, Co, Zn, La, Rb, Cs, As и Th) стандартных эталонных материалов (МАГАТЭ, Soil-7) и 10 проб донных отложений, взятых из озера Манзала в северной части Египта. Эталонные материалы МАГАТЭ, Soil-7 были проанализированы для проверки данных и было получено хорошее согласие между экспериментальными и сертифицированными величинами.

Ключевые слова: k_0 -PGNAA, AC-PGNAA, источник нейтронов ^{252}Cf , загрязнение воды, программа MCNP, самоэкранирование.

REFERENCES

1. Molnár G.L., Lindstrom R.M. Nuclear reaction prompt γ -ray analysis // Nuclear Techniques in Mineralogy and Geology / Ed. by A. Vértes, S. Nagy, K. Süveg. - New York: Plenum Publishing, 1998. - P. 145 - 164.
2. Molnár G.L., Révay Zs., Belgya T., Firestone R.B. The new prompt γ -ray catalogue for PGAA // Appl. Radiat. Isot. - 2000. - Vol. 53. - P. 527 - 533.
3. Darwish Al-Azmi. Simplified slow anti-coincidence circuit for Compton suppression systems // Applied Radiation and Isotopes. - 2008. - Vol. 66, Issue 8. - P. 1108 - 1116.
4. Molnar G.L., Reveay Zs., Paul R.L., Lindstorm R.M. Prompt γ -Activation Analysis Using the k_0 Approach // J. Radioanal. Nucl. Chem. - 1998. - Vol. 234. - P. 21.
5. Hassan M., Gantner E., Mainka E. et al. Analytical applications of neutron capture γ -ray spectroscopy // KFK 3387 Karlsruhe: Kernforschungszentrum, 1982.
6. Reddy R.C., Frankle S.C. // At. Data Tables. - 2002. - Vol. 80. - P. 1 (<http://www-nds.iaea.org/pgaa/>).
7. IAEA-TECDOC-619 // X-ray and G-ray Standards for Detector Calibration. - Vienna: IAEA, 1991.
8. IAEA-TECDOC (Draft) // Database of Prompt γ -rays from Slow Neutron Capture for Elemental Analysis. - Vienna: IAEA, 2010.
9. Firestone R.B. // Table of Isotopes / Eighth ed. - USA: Wiley, 1996.
10. Pszonicki L. Report on Intercomparison IAEA, Soil-7 of the Determination of Trace Element in Soil // IAEA/RL/112, Austria, 1984.
11. Osfor M.M., el-Dessouky S.A., el-Sayed A., Higazy R.A. Relationship between environmental pollution in Manzala Lake and health profile of fishermen // Nahrung. - 1998. - 42(1):42-5. PubMed PMID: 9584278.
12. Adel A. Ramadan Heavy Metal Pollution and Biomonitoring Plants in Lake Manzala, Egypt // Pakistan Journal of Biological Sciences. - 2003. - Vol. 6(13). - P. 1108 - 1117.
13. Hamid A. k_0 -prompt γ -ray activation analysis for estimation of boron and cadmium in aqueous solutions // J. Radioanal. Nucl. Chem. - 2012. - Vol. 292(1). - P. 229 - 236.
14. Briesmeister J.F. MCNP - a general Monte Carlo N-particles transport code, version 4c // Technical Report LA-13709, Los Alamos National Laboratory, USA, 2000.

Надійшла 18.11.2013

Received 18.11.2013