

В. Т. Маслюк*, П. С. Деречкей, З. М. Біган,
П. П. Пуга, Н. І. Сватюк, М. С. Лящов

Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород, Україна

*Відповідальний автор: volodymyr.maslyuk@gmail.com

ВИХОДИ ІЗОТОПІВ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ПОДІЛІ ЯДЕР АКТИНІДІВ

Представлено результати досліджень виходів ізоотопів рідкісноземельних елементів (РЗЕ) при поділі важких ядер, зокрема актинідів. Отримано масові спектри ізоотопів самарію, диспрозію, голмію, ітербію за різних умов поділу ядер-актинідів (^{238}U , ^{232}Th , ^{241}Am), з урахуванням або без урахування емісії ядерних частинок, а також при різних енергіях збудження вихідного ядра. Розрахунки виконано в рамках післяподільного статистичного наближення, що дає змогу дослідити упорядкування ансамблю двох уламкових кластерів. Показано, що ймовірності виходу ізоотопів РЗЕ зменшуються зі зростанням їхнього атомного номера, що може пояснювати закономірності їхнього поширення в літосфері. Поява у земній корі стабільних ізоотопів РЗЕ у слідових кількостях може бути пов'язана з особливостями спонтанного поділу актинідів з емісією ядерних частинок, що зумовлює зсув масових спектрів у напрямку стабільних ядер.

Ключові слова: рідкісноземельні елементи, актиніди, статистичний метод, уламки поділу, упорядкування, виходи, масові спектри, поширення, літосфера.

V. T. Maslyuk*, P. S. Derechkei, Z. M. Bihan, P. P. Puha, N. I. Svatiuk, M. S. Liashov

Institute of Electron Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Uzhhorod, Ukraine

*Corresponding author: volodymyr.maslyuk@gmail.com

YIELDS OF RARE EARTH ELEMENT ISOTOPES IN THE FISSION OF ACTINIDE NUCLEI

The paper presents the results of studying the yields of rare earth element (REE) isotopes in the fission of heavy, particularly actinide, nuclei. Mass spectra of REE isotopes (samarium, dysprosium, holmium, ytterbium) were obtained for various fission scenarios of actinide nuclei (^{238}U , ^{232}Th , ^{241}Am), both with and without accounting for nuclear particle emission, and at different excitation energies of the parent nucleus. Calculations were performed within the post-scission statistical approximation, which allows analyzing the statistical ordering of the two-fragment cluster ensemble. It is shown that the probabilities of REE isotope yields decrease with increasing atomic number, which may explain the peculiarities of their distribution in the Earth's crust. The presence of stable REE isotopes in trace amounts in the lithosphere can be attributed to specific features of spontaneous actinide fission accompanied by nuclear particle emission, which shifts the theoretical mass spectra toward stable REE isotopes.

Keywords: rare earth elements, actinides, statistical method, fission fragments, mass spectra, yields, lithosphere.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. [Wikipedia: Rare-earth element.](#)
2. P. Chen et al. Global rare earth element resources: A concise review. *Appl. Geochem.* 175 (2024) 106158.
3. Abundance of Elements in the Earth's Crust and in the Sea. In: *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 97th ed. Sect. 14, p. 17 (Boca Raton, FL, CRC Press, 2016 - 2017).
4. A. Arcones, F.K. Thielemann. Origin of the elements. *Astron. Astrophys. Rev.* 31 (2023) 1.
5. J.-F. Lemaître et al. Fission fragment distributions and their impact on the r-process nucleosynthesis in neutron star mergers. *Phys. Rev. C* 103 (2021) 025806.
6. V. Maslyuk, T. Kovács. The mapping of environmental radioactivity and new perspectives for ecology studies. In: *V. Terrestrial Radioisotopes in Environment*. International Conference on Environmental Protection (Hungary, Veszprém, 2016) p. 58.
7. Н.І. Сватюк, В.Т. Маслюк, О.І. Симканич. Радіологічний моніторинг, поняття: «радіаційна погода» та «радіаційна ідентифікація довкілля». *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика* 44 (2018) 99. / N.I. Svatiuk, V.T. Maslyuk, O.I. Symkanich. Radiological monitoring, concept: "Radiation weather" and "Radiation identification of the environment". *Uzhhorod University Scientific Herald. Series Physics* 44 (2018) 99. (Ukr)
8. V.T. Maslyuk et al. Transformations of actinides fission product yields due to post-scission emission of nuclear particles: ^{232}Th . *Canadian J. Phys.* 99 (2021) 1007.
9. V.T. Maslyuk et al. New statistical methods for systematizing the nuclei fission fragments: Post-scission approach. *J. Mod. Phys.* 4 (2013) 1555.

10. M. Wang et al. The AME 2020 atomic mass evaluation (II). Tables, graphs and references. [Chinese Phys. C 45 \(2021\) 030003](#).
11. В.Ю. Денисов, В.А. Плюйко. *Проблемы физики атомного ядра и ядерных реакций* (Киев: КНУ, 2013) 430 с. / V.Yu. Denisov, V.A. Plujko. *Problems of Atomic Nucleus Physics and Nuclear Reactions* (Kyiv: Taras Shevchenko National University of Kyiv, 2013) 430 p. (Rus)

Надійшла / Received 29.07.2025