

УДК 543.682 + 550.832.5

ВМІСТ ГАММА-АКТИВНИХ РАДІОІЗОТОПІВ В ДОННИХ ВІДКЛАДЕННЯХ МАЛИХ РІЧОК ГІРСЬКИХ РАЙОНІВ ЗАКАРПАТТЯ

Парлаг О.О., Маслюк В.Т., Бузаш В.М. *, Чундак С.Ю.*, Потокі І.С.*

*Інститут електронної фізики Національної академії наук України,
88016 м. Ужгород, вул. Університетська, 21*

** Ужгородський національний університет, 88000 м. Ужгород, вул. Підгірна, 46*

ВСТУП

Внаслідок реалізації широкомасштабних програм використання природних ресурсів для забезпечення життєдіяльності людини, а також зростаючого використання атомної енергії у народногосподарських та військових цілях істотно зросла дія радіонуклідних джерел природного та штучного походження на забруднення оточуючого середовища, збільшилася вірогідність аварійних ситуацій на радіаційно-небезпечних об'єктах. Особливу увагу необхідно приділяти контролю вмісту радіонуклідів, як природного, так і штучного походження у воді річок, водоймищ, тому що при їх забрудненні, радіоактивні речовини можуть поступати в організм людини по біологічних ланцюжках або безпосередньо, якщо водоймище служить для питного водопостачання. Індикатором ступеня забрудненості річок та водоймищ служать донні відклади. Дослідження донних відкладів малих річок Закарпаття на вміст в них радіоактивних ізотопів може розкрити вплив техногенних та природних процесів на забруднення території Закарпаття радіонуклідами як природного так і штучного походження і дати оцінку радіоекологічного стану його районів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Точковий відбір проб донних відкладів малих річок, які впадають в транскордонні річки Латорицю та Тису, проводився в гірсь-

ких районах Закарпатської області на протязі літа 2001 року.

Точки в яких проводився відбір проб донних відкладів малих гірських річок Закарпатської області представлено на мапі (Рис.1).

Проби донних відкладів висушувалися до повітряно-сухого стану. З них віддалялися сторонні включення (каміння, коріння рослин і т.п.) та розтиралися до 100-200 меш і розміщувалися у стандартних герметичних контейнерах з пластмаси товщиною 0.1 мм та об'ємом 0.5 дм³, у яких і проводилися їх подальші виміри гамма-активності.

Для досліджень питомої активності радіонуклідів в зразках проб (грунтів, донних відкладів, води) навколишнього середовища широко застосовується метод низько фонові гамма-спектрометрії [1 - 5], оскільки він дозволяє отримувати найбільш повну інформацію про їх елементний склад та концентрацію у пробах.

Виміри абсолютної активності проб донних відкладень проводилися в низько фоновій лабораторії відділу фотоядерних процесів ІЕФ НАН України. на гамма-спектрометричному комплексі "SBS-40" з коаксіальним напівпровідниковим Ge(Li)-детектором, ефективний об'єм якого – 100 см³ [6]. Детектор знаходився у комбінованому захисті, що дозволяло зменшити власний фон установки в ~ 50 разів відносно фонових умов лабораторії. Серія вимірів власного фону установки на протязі від 4-ох до 30-ти годин вказує на його сталість [7].

Калібровочні виміри залежності енергії піку повного поглинання від номеру каналу та ефективності реєстрації від енергії гамма-квантів проводилися з застосуванням атесто-

ваних об'ємних радіоізотопних джерел ^{40}K , ^{137}Cs , ^{152}Eu та комбінованих $^{40}\text{K} - ^{137}\text{Cs}$ і $^{40}\text{K} - ^{232}\text{Th} - ^{226}\text{Ra}$ згідно [8-11].

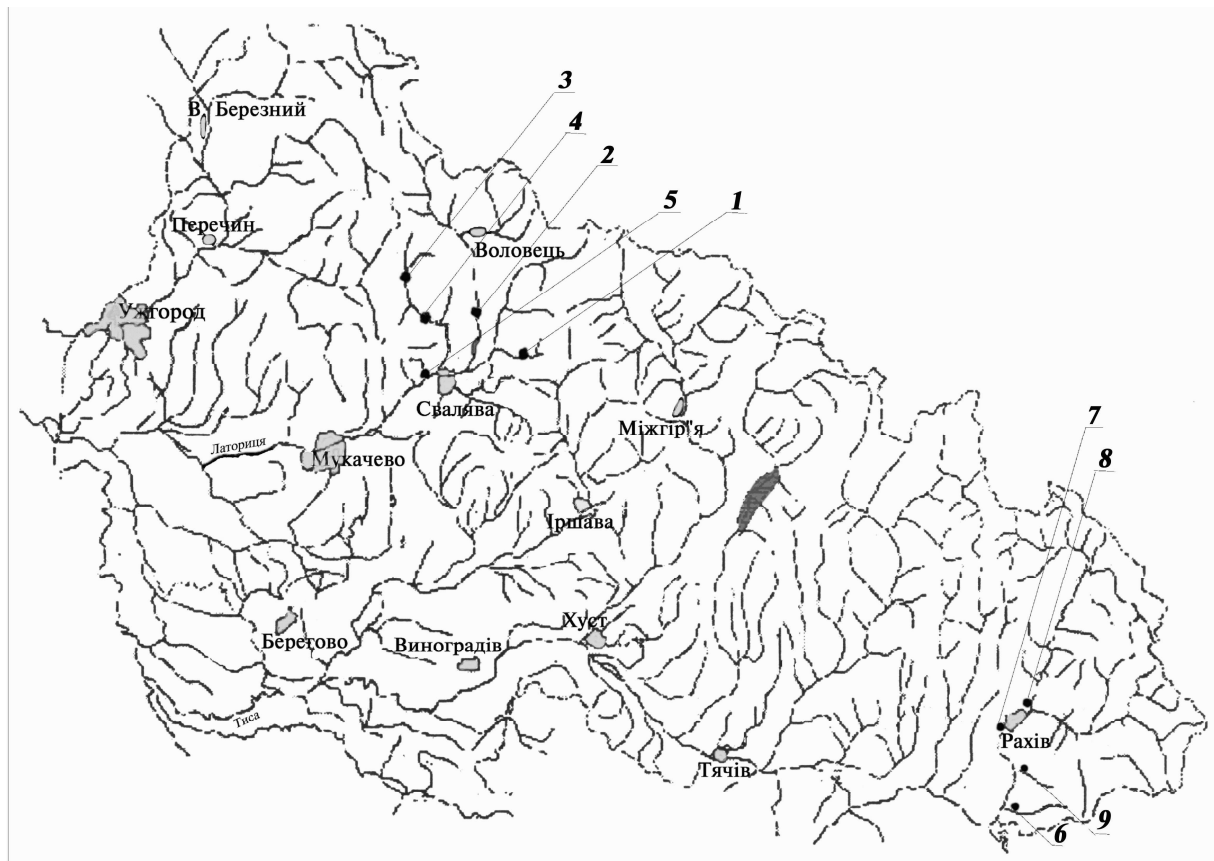


Рис. 1. Точки в яких проводився відбір проб донних відкладів малих гірських річок Закарпатської області: 1 – р. Вича, с. Сасівка, Свалявський р-н, 2 – р. Латориця, с. Пасіка, Свалявський р-н, 3 – р. Вел. Пиня, с. Туря Поляна, Перечинський р-н, 4 – ліва притока р.Тура на Оленецькому перевалі, 5 – р. Пеня, с. Плоске, Свалявський р-н, 6 – р. Біла, с. Ділове, Рухівський р-н, 7 – права притока р. Тиса (в районі Карпатського біосферного заповідника), Рахівський р-н, 8 – права притока р. Тиса в м. Рахів, 9 – р. Великий, с. Костилівка, Рахівський р-н.

Виміри абсолютної активності проб проводилися в однакових геометричних умовах. Час виміру становив 18 – 19 годин.

На Рис. 2 представлені типові гамма-спектри проб № 6 та № 7 донних відкладів річок Рахівського району, виміряних у стандартних геометричних умовах. На цьому ж рисунку наведено спектри власного фону установки (нижні спектри). Час виміру всіх спектрів однаковий – 18 годин.

Під час проведення вимірів проб здійснювався контроль спектрометричного комплексу по наступних параметрах: дрейф

каналів, роздільна здатність та ефективність реєстрації випромінювання гамма-квантів. Зміна вказаних параметрів протягом часу вимірів не перевищувала 1%.

Для ідентифікації гамма-ліній у спектрах проб донних відкладів та проведення розрахунків питомої активності використовувалися значення ядерно-фізичних характеристик з [12 - 13].

Для обробки використовувалися піки повного поглинання, які відповідали умові (1) так званому „критерію відсіву піків” [6]:

$$S_P \geq P \cdot \sqrt{S_B} \quad (1)$$

де S_P – площа піку, P – параметр відсіву піків (в даному випадку = 3), S_B – площа фону. Абсолютна активність радіонукліду A для піка повного поглинання з енергією E задається співвідношенням [4, 5, 14]:

$$A = \frac{S_P}{\epsilon_E \times t \times I_\gamma} \quad (2)$$

де S_P – площа піку повного поглинання з енергією E ; ϵ_E – ефективність детектора для енергії E ; t – „живий” час виміру; I_γ – квантовий вихід (кількість гамма-квантів на розпад) для даної енергії E .

Питома активність радіонукліду A_m розраховується згідно формулі (3):

$$A_m = \frac{A}{m} \quad (3)$$

де A – абсолютна активність радіонукліду, m – маса зразка.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У таблиці 1 представлено значення питомих активностей (Бк/кг) основних гамма-активних компонент проб донних відкладів малих річок гірських районів Закарпатської області (проби №1 – №9) та абсолютні значення активності власного фону установки.

Значення питомої активності основних природних компонент зразків проб донних відкладів знаходяться в межах значень для ^{40}K – $267,06 \div 989,34$ Бк/кг, для ізоотопів ряду

^{232}Th : ^{228}Ac – $25,91 \div 76,89$ Бк/кг, ^{212}Pb – $19,55 \div 67,58$ Бк/кг, ^{212}Bi – $32,95 \div 70,96$ Бк/кг та ^{208}Tl – $7,35 \div 26,66$ Бк/кг; ряду ^{238}U : ^{234}Th – $77,79 \div 170,76$ Бк/кг, ^{226}Ra – $35,85 \div 259,97$ Бк/кг, ^{214}Pb – $16,76 \div 102,20$ Бк/кг, ^{214}Bi – $22,90 \div 108,02$ Бк/кг; ряду ^{235}U – $4,08 \div 20,97$ Бк/кг, а для штучного ізоотопу ^{137}Cs – $5,64 \div 51,56$ Бк/кг.

Статистичні похибки виміру конкретних гамма-радіоактивних нуклідів становлять для ^{40}K ~ 7%, ^{228}Ac ~ 12%, ^{212}Pb ~ 9%, ^{212}Bi ~ 15%, та ^{208}Tl ~ 10%, ^{234}Th ~ 15%, ^{226}Ra ~ 15%, ^{214}Pb ~ 9%, ^{214}Bi ~ 8%, ^{235}U ~ 15%, ^{137}Cs ~ 10%.

Додатково проведено аналіз на наявність у пробах інших штучних гамма-активних ізоотопів, таких як ^{134}Cs , ^{125}Sb , ^{144}Ce , ^{154}Eu та ^{155}Eu , характерних для глобальних випадань та у зв'язку з аварією на Чорнобильській АЕС. Вказані нукліди не присутні у досліджуваних зразках

Масові долі основних природних радіоактивних елементів у досліджуваних пробах визначалися згідно співвідношень між масовою долею та питомою активністю, які прийняті в міжнародній практиці [15, 16]:

$$1\% \text{ K} = 313 \pm 2 \text{ Бк/кг } ^{40}\text{K},$$

$$1 \times 10^{-4} \% \text{ U} = 12.35 \pm 0.01 \text{ Бк/кг } ^{226}\text{Ra},$$

$$1 \times 10^{-4} \% \text{ Th} = 4.06 \pm 0.02 \text{ Бк/кг } ^{232}\text{Th}.$$

Їх чисельні значення для проб донних відкладів малих річок гірських районів Закарпатської області знаходяться в межах для калію – $0,85 \div 3,16$ %, торію – $6,4 \times 10^{-4} \div 1,9 \times 10^{-3}$ %, та урану – $2,9 \times 10^{-4} \div 2,1 \times 10^{-3}$ %.

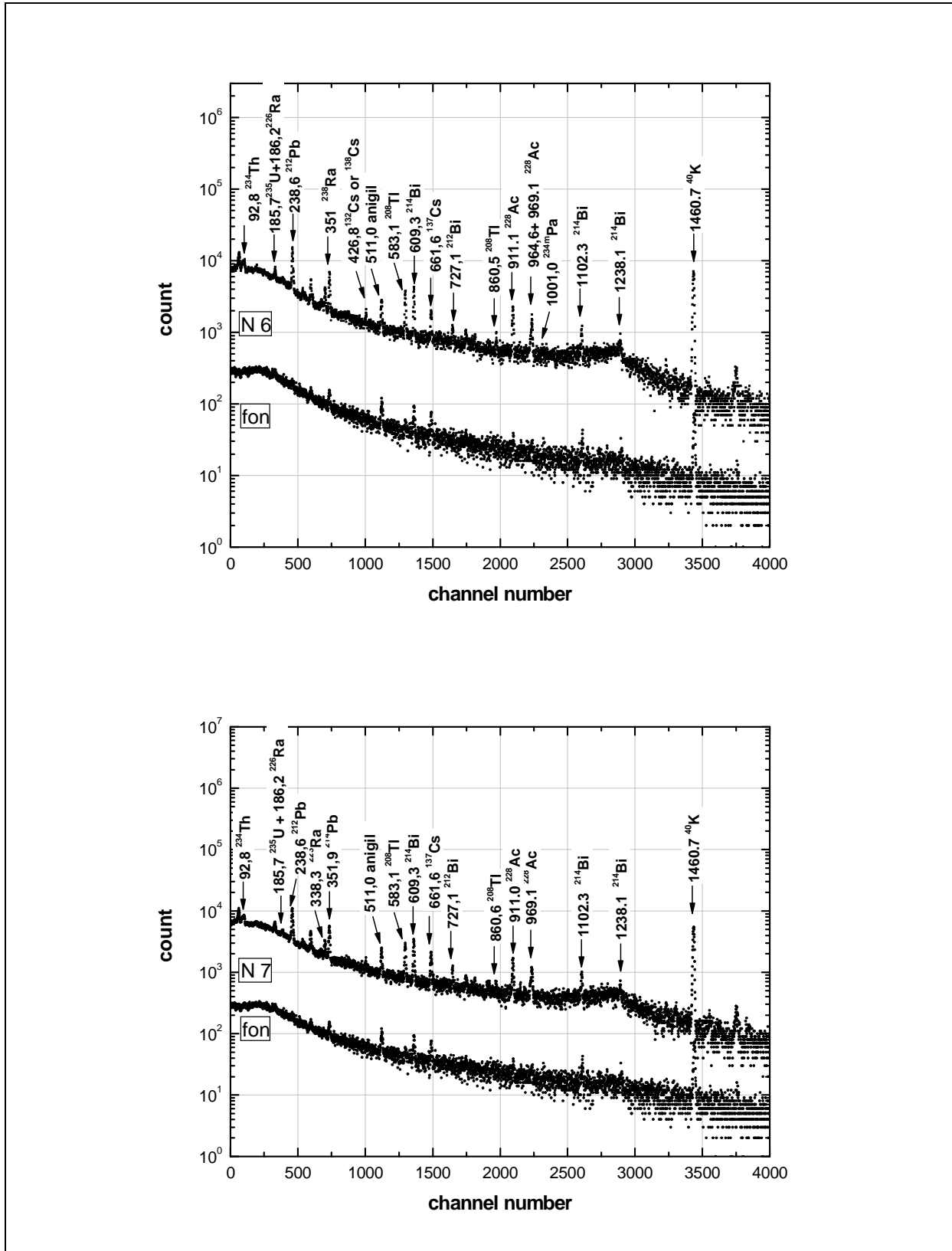


Рис.2. Гамма-спектри проб № 6 та № 7 донних відкладів малих гірських річок (верхні) та спектри власного фону установки (нижні).

Таблиця 1. Значення питомих активностей (Бк/кг) основних гамма-активних компонент проб донних відкладів малих річок гірських районів Закарпатської області (проби №1 – №9) та абсолютні значення активності власного фону установки.

Радіо- нуклід	Номери проб								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Природний									
^{40}K	389,20 ± 29,52	443,10 ± 33,68	267,06 ± 20,91	591,38 ± 45,19	603,93 ± 46,10	31,51 ± 54,05	989,34 ± 71,97	521,73 ± 39,25	694,37 ± 54,16
Радіоактивний ряд ^{232}Th									
^{228}Ac	25,91 ± 3,39	29,59 ± 3,61	38,99 ± 4,66	40,24 ± 5,77	34,09 ± 4,01	36,13 ± 4,34	54,37 ± 8,78	76,89 ± 11,30	67,04 ± 9,66
^{212}Pb	19,55 ± 1,85	37,67± 3,58	36,78 ± 3,57	40,33 ± 3,84	33,17 ± 3,19	30,30 ± 2,90	42,68 ± 3,98	60,04 ± 5,82	67,58 ± 6,77
^{212}Bi	–	51,11 ± 8,81	45,99 ± 9,41	41,25 ± 7,60	32,95 ± 8,78	47,59 ± 6,52	70,96 ± 11,52	63,43 ± 12,40	61,11 ± 17,93
^{208}Tl	7,35 ± 0,92	14,69 ± 1,85	10,79 ± 1,71	15,13 ± 1,53	13,24 ± 1,55	16,05 ± 1,94	17,89 ± 2,18	22,15 ± 2,69	26,66 ± 3,07
Радіоактивний ряд ^{238}U									
^{234}Th	–	77,79 ± 11,29	84,29 ± 12,78	97,38 ± 12,80	88,23 ± 12,80	86,60 ± 15,67	130,26 ± 16,10	161,13 ± 18,37	170,76 ± 28,28
^{226}Ra	35,85 ± 5,49	136,11 ± 20,96	98,27 ± 13,92	115,37 ± 16,38	80,14 ± 17,87	79,99 ± 11,09	136,45 ± 20,32	259,97 ± 39,09	214,62 ± 33,10
^{214}Pb	16,76 ± 1,93	28,67 ± 3,47	31,32 ± 3,20	31,23 ± 3,20	24,54 ± 2,52	28,38 ± 3,15	39,33 ± 4,11	102,2 ± 9,64	57,65 ± 6,09
^{214}Bi	22,90 ± 1,86	28,03 ± 2,24	35,21 ± 2,91	34,45 ± 3,01	29,49 ± 2,57	31,81 ± 2,86	47,24 ± 3,78	108,02 ± 8,54	68,35 ± 5,74
Радіоактивний ряд ^{235}U									
^{235}U	4,08 ± 0,57	7,75 ± 1,17	5,59 ± 0,79	6,56 ± 0,93	4,56 ± 1,02	4,55 ± 0,63	20,97 ± 2,35	13,81 ± 1,80	12,21 ± 1,88
Штучний									
^{137}Cs	51,56 ± 5,93	7,94 ± 0,90	13,81 ± 1,33	15,46 ± 1,35	14,83 ± 1,51	5,64 ± 0,76	12,45 ± 1,28	20,77 ± 2,32	21,89 ± 2,69

ВИСНОВКИ

Встановлено питому активність природоутворюючих (^{40}K та радіонуклідів рядів ^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U) гамма-випромінюючих компонент проб донних відкладів малих річок гірських районів Закарпатської області. Числові значення їх питомої активності знаходяться в межах, характерних для гірських порід, тобто їх мінерально-геохімічних характеристик [14, 17, 18].

Значення питомих активностей штучного ізотопу ^{137}Cs для усіх досліджуваних зразків знаходиться в межах, які не перевищують допустимого рівні.

Результати проведених досліджень вказують на відсутність техногенного забру-

дження природними та штучними радіонуклідами в районах відбору проб, що свідчить про їх екологічну чистоту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васильев И.А., Маматибраимов С. Примененные методов α - и γ -спектрометрии для изучения процессов переноса радиоактивных веществ. // В сб.: Радиационная физика. Бишкек: «Илим». – 1998. – С. 21 – 27
2. Иохельсон С.Б., Казаков Ю.В. // Применение полупроводниковых гамма-спектрометров для анализа проб почв и растительного покрова. В кн.: Спектрометрические методы анализа радиоактивного загрязнения почв и аэрозолей. Доклады на Всесоюзном совещании в г. Обнинске 27 - 31 марта 1972. М.: Гидрометеоздат, 1974. – С. 77.

3. Oczkowski H. Gamma Spectrum Analysis For Environmental Nuclides. // *Geochronometria* – 2001, – V. 20, – P. 39 – 44.
4. Sanderson C. Gamma radioassay. In: *Radiometry. Environmental Measurements Laboratory U.S. Department of Energy. Ga-01-R, Vol. I Rev. 0 HASL-300, 28th Edition February 1997. 4_5-2.pdf*
5. Greene D., Hoffman I. Environmental radiation. // *Phys 404 Laboratory #2. march 9 2001. <http://homepage.usask.ca/~ddg412/p404/phys4041ab2Final.doc>*
6. Спектрометр гамма-излучения СЭГ-40 Ge-1К. // К.: НПК “Спектр”. – 1999. 86 С.
7. Парлаг О.О., Стець М.В., Маслюк В.Т. та інш. // Про спектральний склад природної гамма-активності. Вісник ужгородського університету, Серія Фізика, 1999. № 5, с. 129 - 133.
8. Гамма - спектрометры с полупроводниковыми детекторами. Методика поверки. МИ 1916-88 ГСИ. // *Нормативные документы ГСИ. <http://www.vniiftri.ru/>*
9. Активность объемных образцов. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре. МИ 2143-91 ГСП. // *Нормативные документы ГСИ. <http://www.vniiftri.ru/>*
10. Бобовникова Ц.И., Иохельсон С.Б., Чуркин В.Н. // Способы приготовления калибровочных источников радиоактивности, применяемых при гамма-спектрометрическом анализе проб почвы. В кн.: *Приборы и методы изучения загрязнений внешней среды. Вып. 2. Л.: Гидрометеиздат, 1970. С. 117.*
11. Hernandez F. Efficiency Calibration of HPGe detectors. // In: *Optimisation of environmental gamma spectrometry using Monte Carlo methods.* – Uppsala : Acta Universitatis Upsaliensis : Univ.-bibl. (Comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the Faculty of Science and Technology) – 2002. – 58 P.
12. Firestone R.B. and Ekström L.P. WWW Table of Radioactive Isotopes. Version 2.1, January 2004. <http://ie.lbl.gov/toi/>
13. Ichimiya T., Narita T., Kitao K. Natural background gamma-ray spectrum list of gamma-rays ordered in energy from natural radionuclides. JAERI-DATA/CODE 98-008. – 1998. – P. 1 – 78.
14. Tzortzis M., Tsertos H. Determination of thorium, uranium, and potassium elemental concentrations in surface soils in Cyprus. // 2004. <http://arxiv.org/abs/physics/0309008>
15. Хайкович И.М., Фоминых В.И., Крисюк Э.М., Белячков Ю.А. Метрологическое обеспечение измерения удельной активности и массовой доли природных радиоактивных элементов в пробах почв и пород методом спектрометрии гамма-излучения. // *Атомная энергия.* – 1993. – Т. 75, В. 5. – С. 350 – 261.
16. Wojanowski R, Radescki Z, Campell MJ et al. Intercomparison Run for the Determination of Radionuclides in Soils IAEA-326 and IAEA-327. // IAEA/AL/100. IAEA. Vienna. Austria. 2001.
17. Дричко В.Ф. Поведение в природной среде тяжелых естественных радионуклидов. // *Итоги науки и техники (ВИНИТИ): Радиационная биология.* – 1983. – № 4. – С. 66-98.
18. Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения. Санитарные правила. СП 2.6.1.1292-2003. МЗ Российской Федерации. 2003. <http://www.tehdoc.ru/sanitary.htm>

CONTENT OF GAMMA-ACTIVITY RADIOISOTOPES IN THE GROUND DEPOSITS OF TRANSKARPATIAN MOUNTAIN DISTRICTS SMALL RIVERS

Parlag O.O., Maslyuk V.T., Buzash V.M., Chyndak S.Yu., Potoki I.S.

The results of measurement of natural and artificial composition radioisotopes in the ground deposits of transkarpatian mountain districts small rivers by gamma-spectroscopy method are presented.