

<sup>1</sup>Парлаг О.О., <sup>1</sup>Маслюк В.Т., <sup>1</sup>Потокі І.С., <sup>2</sup>Коханюк О.І.  
<sup>1</sup>Інститут електронної фізики НАН України, м. Ужгород  
<sup>2</sup>Обласна державна лабораторія ветеринарної медицини  
в Закарпатській області, м. Ужгород

## МОНІТОРИНГ ВМІСТУ ПРИРОДНИХ ТА ШТУЧНИХ РАДІОНУКЛІДІВ У ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ ҐРУНТУ М. УЖГОРОД

Представлено результати моніторингу вмісту  $^{40}\text{K}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у поверхневих шарах ґрунту міста Ужгород. Виміряні значення питомої активності свідчать про їх сталість у більшості точок пробовідбору та відсутність техногенного забруднення.

**Ключові слова:** моніторинг, природні та штучні радіонукліди, гамма-спектрометрія, фонові значення питомої активності.

Представлены результаты мониторинга содержания  $^{40}\text{K}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в поверхностных слоях почвы города Ужгорода. Измеренные значения удельной активности свидетельствуют об их постоянстве в большинстве точек пробоотбора и отсутствии техногенного загрязнения.

**Ключевые слова:** мониторинг, природные и техногенные радионуклиды, гамма-спектрометрия, фоновые значения удельной активности.

The results of gamma-spectroscopic measurement of the  $^{40}\text{K}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  and  $^{137}\text{Cs}$  content in the surface soil probes of Uzhgorod area are presented. Measured values of specific activities show their stability in the most of sample points and absence of technological pollution.

**Key words:** monitoring, natural and artificial radionuclide, gamma-spectrometry, background activity, specific activity.

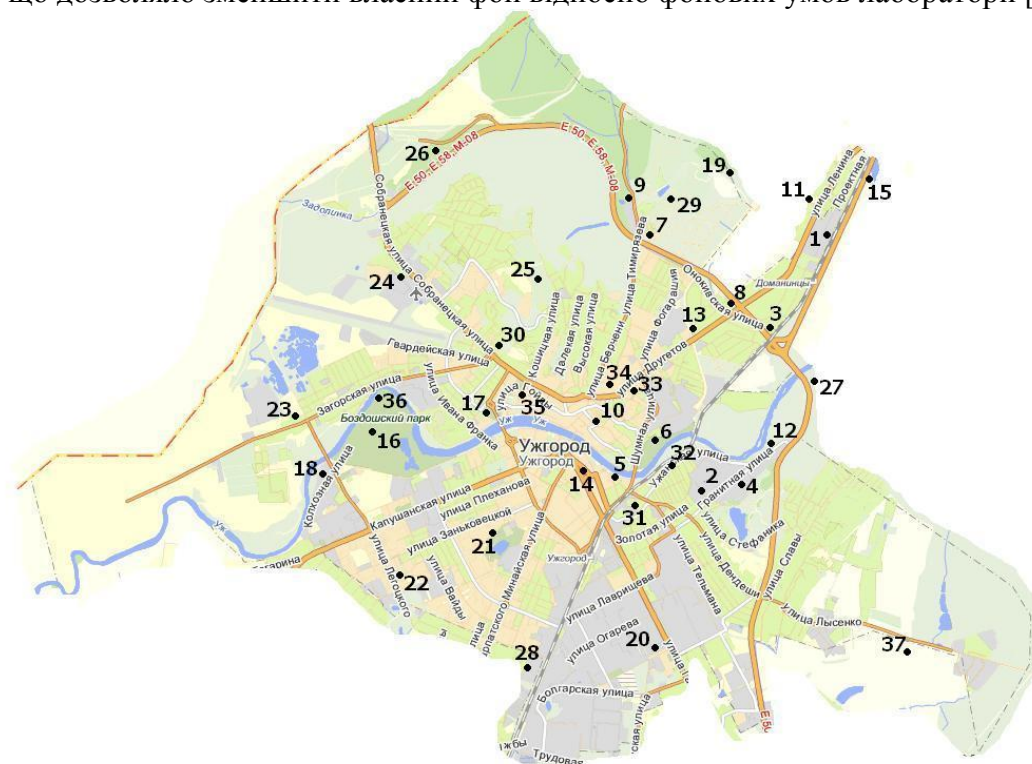
**Актуальність теми.** Глобальна середньорічна доза іонізуючого випромінювання на населення складає 2,8 мЗв. Понад 85% (2,4 мЗв) припадає на природні джерела радіоактивності, а саме від розпаду природних радіонуклідів. Основний внесок у зовнішню дозу опромінення населення, яке проживає в містах, створюють радіонукліди ланцюжків розпаду рядів  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$  та  $^{40}\text{K}$  [3, 5]. Тому моніторинг вмісту природних та штучних радіонуклідів у ґрунтах на окремих територіях – актуальна задача. Використовуючи результати вимірювань питомої активності природних радіонуклідів, можна оцінити внесок у середньорічну ефективну дозу для групи населення по зовнішньому опромінюванню.

**Результати досліджень.** У представленій роботі приведені результати вимірів питомої активності природних радіонуклідів: членів ланцюжків розпаду рядів  $^{232}\text{Th}$  ( $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ),  $^{238}\text{U}$  ( $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ) та  $^{40}\text{K}$  та техногенного  $^{137}\text{Cs}$ , які містяться у поверхневих шарах ґрунту м. Ужгород.

Відбір проб ґрунту проводився у 37 точках зон, які мають різне техногенне навантаження, у 2010-2012 роках. Точки відбору проб представлені на мапі (рис. 1). Проби висушувалися до повітряно-сухого стану. З них видалялися 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 дм<sup>3</sup>, у яких і проводилися їх подальші виміри гамма-активності.

Виміри питомої активності радіонуклідів у пробах ґрунтів проводилися в низькофоновій лабораторії відділу фотоядерних процесів ІЕФ НАН України. Для досліджень використовувався сертифікований гамма-спектрометричний комплекс "SBS-40" з

коаксіальним напівпровідниковим Ge(Li) детектором, який знаходився у комбінованому захисті, що дозволяло зменшити власний фон відносно фонових умов лабораторії [1].



**Рис. 1. Точки відбору проб у місті Ужгород**

Калібрувальні виміри залежності ефективності реєстрації від енергії гамма-квантів проводилися з застосуванням атестованих об'ємних радіоізотопних джерел. Роздільна здатність спектрометра становила 3,5 кеВ для лінії  $^{60}\text{Co}$  (1332,2 кеВ).

Ефективність реєстрації гамма-квантів задавалася співвідношенням:

$$\ln \varepsilon = a_1 \frac{\ln E}{E_0} + a_2 \left( \frac{\ln E}{E_0} \right)^2 + a_3 \left( \frac{\ln E}{E_0} \right)^3 - \frac{a_4}{E\gamma}, \quad (1)$$

де  $E_0 = 1$  кеВ,  $a_1 = -0.190909$ ,  $a_2 = -0.219507$ ,  $a_3 = 4421.445000$ ,  $a_4 = 0.016064$ ,  $E_\gamma = 1.844209$ .

Виміри активності проб проводилися в однакових геометричних умовах. Час виміру становив 20000 секунд. Під час проведення вимірів здійснювався контроль роботи спектрометричного комплексу по наступних параметрах: дрейф каналів, роздільна здатність та ефективність реєстрації випромінювання гамма-квантів. Зміна вказаних параметрів протягом часу вимірів не перевищувала 1 %. Статистична похибка виміряних інтенсивностей фотопіків не перевищувала  $8 \div 10$  %.

Значення питомої активності гамма-активних радіонуклідів в поверхневих шарах ґрунту в м. Ужгород представлені в таблиці 1.

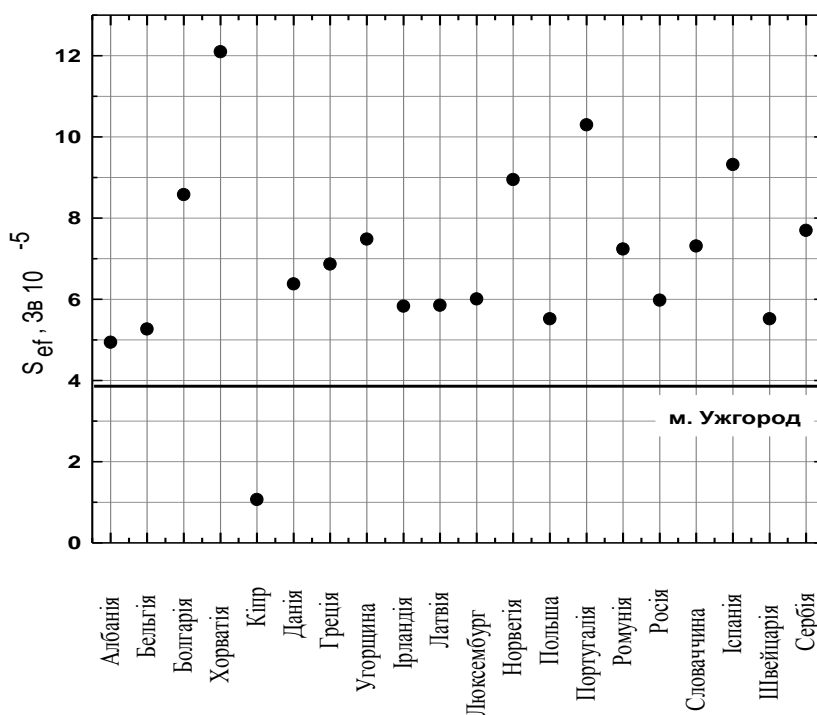
Порівняння отриманих значень з результатами аналогічних досліджень, проведених у 2011 р. [2], вказують на сталість їх чисельних значень практично для всіх точок відбору.

З отриманих значень питомої активності, проведена оцінка середньорічної ефективної дози [3] для населення м. Ужгород по зовнішньому опромінюванню (рис. 2). На цьому ж рисунку представлені значення середньорічної ефективної дози для країн Європи [4].

**Значення питомої активності  $\gamma$ -активних радіонуклідів в  
поверхневих шарах ґрунту в м. Ужгород**

	2010 р.			2011 р.			2012 р.		
	мін.	мак.	сер.	мін.	мак.	сер.	мін.	мак.	сер.
$^{226}\text{Ra}$	25,9	119,9	58,8	21,3	91,5	57,4	37,3	131,2	68,7
$^{212}\text{Pb}$	3,2	34,3	21,1	5,7	40,4	21,4	14,0	61,4	26,1
$^{228}\text{Ac}$	15,8	121,6	32,0	14,6	44,6	21,7	10,5	36,8	25,1
$^{214}\text{Pb}$	13,1	26,0	18,4	9,3	26,5	16,9	14,0	31,0	23,2
$^{208}\text{Tl}$	4,6	9,5	7,2	3,2	18,9	7,5	3,8	12,7	7,9
$^{214}\text{Bi}$	11,8	22,9	17,0	9,6	30,2	16,4	13,3	30,8	23,0
$^{137}\text{Cs}$	1,6	10,2	4,3	2,8	13,3	6,7	1,9	14,8	6,2
$^{228}\text{Ac}$	14,8	33,4	23,0	13,5	37,9	21,5	14,4	34,0	24,8
$^{40}\text{K}$	198,3	355,0	282,9	154,5	412,8	274,2	232,1	484,9	310,4
$^{208}\text{Tl}$	6,9	13,1	9,6	5,4	14,5	9,0	6,3	17,6	10,7

Середнє значення поглиненої дози за період 2010-2012 років рівне  $32,0 \pm 1,9$  нГр год<sup>-1</sup>, середнє значення індексу зовнішньої небезпеки від природних радіонуклідів рівне 0,18 та середнє значення середньорічної ефективної дози рівне  $3,9 \pm 0,3$  Зв  $10^{-5}$ .



**Рис.2. Середньорічна ефективна доза. Лінія – м. Ужгород,  
точки – країни Європи**

**Висновки.** Проведено виміри питомої активності ланцюжків розпаду радіонуклідів рядів  $^{232}\text{Th}$  ( $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ), та  $^{238}\text{U}$  ( $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ) і  $^{40}\text{K}$  також техногенного  $^{137}\text{Cs}$  у пробах поверхневих шарів ґрунту м.Ужгород, відібраних для аналізу протягом 2010-2012 років.

Встановлено середні фонові значення питомої активності для природних радіонуклідів:  $^{40}\text{K}$   $\sim 289,2 \pm 11,9$  Бк кг<sup>-1</sup>,  $^{232}\text{Th}$  (по  $^{228}\text{Ac}$ )  $\sim 23,1 \pm 2,0$  Бк кг<sup>-1</sup> та  $^{226}\text{Ra}$  (по  $^{214}\text{Bi}$ )  $\sim 18,8 \pm 1,2$  Бк кг<sup>-1</sup>. Порівняння отриманих значень питомої активності з результатами

аналогічних досліджень, проведених у 2001, 2006 - 2011 роках, вказують на сталість їх значень практично для всіх точок.

Проведено оцінки значень поглиненої дози, індексу зовнішньої небезпеки від природних радіонуклідів та ефективної дози для м. Ужгород протягом 2010-2012 років. Середнє значення поглиненої дози за цей період рівне  $32,0 \pm 1,9$  нГр год<sup>-1</sup>, середнє значення індексу зовнішньої небезпеки від природних радіонуклідів рівне 0,18 та середнє значення середньорічної ефективної дози рівне  $3,9 \pm 0,3$  Зв 10<sup>-5</sup>.

### Література

1. Парлаг О., Маслюк В. Практика екологічного моніторингу гамма-активних нуклідів Закарпаття // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції "І Всеукраїнський з'їзд екологів". 4-7 жовтня 2006 р. Вінниця. – с. 173.

2. Потокі І.С. Моніторинг вмісту природних та техногенних радіонуклідів у поверхневих шарах ґрунту міста Ужгород. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. № 30. – 2011, с. 181-187.

3. R. Baldık • H. Aytakin • M. Erer Radioactivity measurements and radiation dose assessments due to natural radiation in Karabuk (Turkey). Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 289. – 2011. p. 297–302.

4. Dragović S., L. Mandić, M. Momčilović, A. Onjia Population doses from terrestrial gamma exposure in Serbia. Arch Oncol; 15(3-4). – 2007, p. 78-80.

5. H. Orabi, A. Al-Shareaif, M. El Galefi Gamma-ray measurements of naturally occurring radioactive sample from Alkharje City. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 269. – 2006. p. 99–102.

*Поступила в редакцію 28 квітня 2012 р.*

*Рекомендував до друку д.г.-м.н. О.М. Адаменко*