

УДК 539.1.074.55: 539.166:502

І.С. Потокі

Інститут електронної фізики НАН України

88017, Ужгород, вул. Університетська, 21

e-mail: nuclear@email.uz.ua

РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ГРУНТІВ УЖГОРОДА

Представлено результати вимірів питомої активності природних радіонуклідів рядів ^{232}Th (^{208}Tl , ^{212}Pb , ^{228}Ac), ^{238}U (^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{228}Ra) та ^{40}K у пробах поверхневих шарів ґрунту міста Ужгород. Визначено значення поглиненої дози, індексу зовнішньої небезпеки від природних радіонуклідів та ефективної дози.

Ключові слова: радіоекологічний моніторинг, питома активність, поглинена доза, індекс зовнішньої небезпеки, ефективна доза.

Вступ

Для визначення питомої активності радіонуклідів широко застосовується метод напівпровідникової гамма-спектрометрії, який є перспективним завдяки сучасним можливостям автоматизації накопичення та обробки експериментальної інформації, відсутності проміжних операцій і незалежності місця проведення аналізу від місць пробовідбору [1-3].

У даній роботі представлено результати вимірів питомої активності природних радіонуклідів ряду ^{232}Th (^{208}Tl , ^{212}Pb та ^{228}Ac), ряду ^{238}U (^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{228}Ra) та ^{40}K в зразках поверхневих шарів ґрунту міста Ужгород. Визначено їх для м. Ужгород. Саме ці дані використовуються при проведенні оцінки радіаційного стану окремих територій.

Методика експерименту

Точковий відбір проб поверхневих шарів ґрунту у м. Ужгороді проводився у березні 2012 року. Пробовідбір було здійснено у 37 точках зон, які мають різне техногенне навантаження. Точки, в яких проводився відбір проб, представлені на

мапі (рис. 1). Проби висушувалися до повітряно-сухого стану. З них видалялися сторонні включення (каміння, коріння рослин і т.п.), 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 подальші виміри їх гамма-активності.

Для вимірів питомої активності використовувався сертифікований гамма-спектрометричний комплекс "SBS-40" з коаксіальним Ge(Li)-детектором з об'ємом кристала 100 см³. Час виміру становив 20000 сек. Під час проведення вимірів проб здійснювався контроль спектрометричного комплексу по наступних параметрах: дрейф каналів, роздільна здатність, ефективність реєстрації. Зміна вказаних параметрів за час вимірів не перевищувала 1 %.

Калібрувальні виміри ефективності реєстрації гамма-квантів проводилися з застосуванням атестованих об'ємних радіоізотопних комбінованих джерел ^{40}K , ^{137}Cs та ^{152}Eu [3]. Для визначення абсолютної ефективності спектрометра в залежності від інтенсивності гамма-випромінювання використовувалася формула (1) [4]:

$$\ln \varepsilon = -0,1909 \frac{\ln E}{E_0} + \left(-0,2195 \left(\frac{\ln E^2}{E_0} \right) \right) + 4421,445 \left(\frac{\ln E^3}{E_0} \right) - \frac{0,0161}{E^\gamma} \quad , \quad (1)$$

де енергія E_0 рівна 1 кеВ, а $E\gamma$ - відповідно, 1,844209 кеВ.

Для ідентифікації гамма-ліній у спектрах зразків проб поверхневих шарів ґрунтів та проведення розрахунків питомої

активності використовувалися значення ядерно-фізичних констант [5].

Виміри абсолютної активності проб проводилися в однакових геометричних умовах.

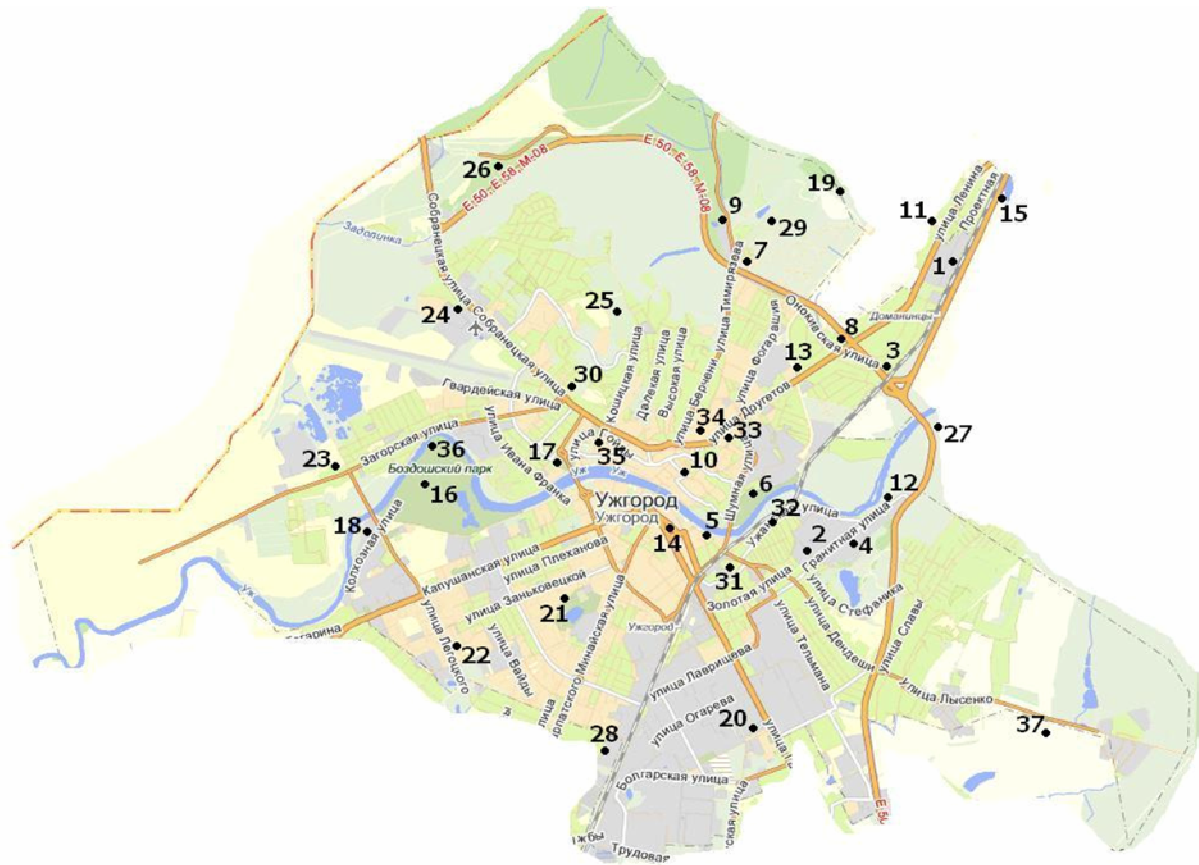


Рис. 1. Точки відбору проб поверхневих шарів ґрунту м. Ужгород.

Результати та їх обговорення

Абсолютна активність радіонукліда A для піка повного поглинання з енергією E задається співвідношенням [6]:

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

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 радіонукліда A_m розраховується згідно формули (2):

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

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

Для обробки використовувалися піки повного поглинання, які належали конкретним радіонуклідам та відповідали умові (4) – критерію відсіву піків [3]:

$$S_p \geq 3 \times \sqrt{S_B}, \quad (4)$$

де S_p – площа піку, S_B – площа фону.

Для кожного окремого зразка проби поверхневого шару ґрунту проводилися 3 серії вимірів питомої активності. Відхилення значень питомої активності для усіх серій вимірів для кожної окремої проби поверхневих шарів ґрунту не перевищували $\sim 10\%$.

На рис. 2 представлені значення питомої активності природних (^{40}K , ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl , ^{226}Ra , ^{214}Pb , ^{214}Bi) радіонуклідів у зразках проб поверхневих шарів ґрунту, відібраних у 37 точках міста Ужгород (див. рис. 1).

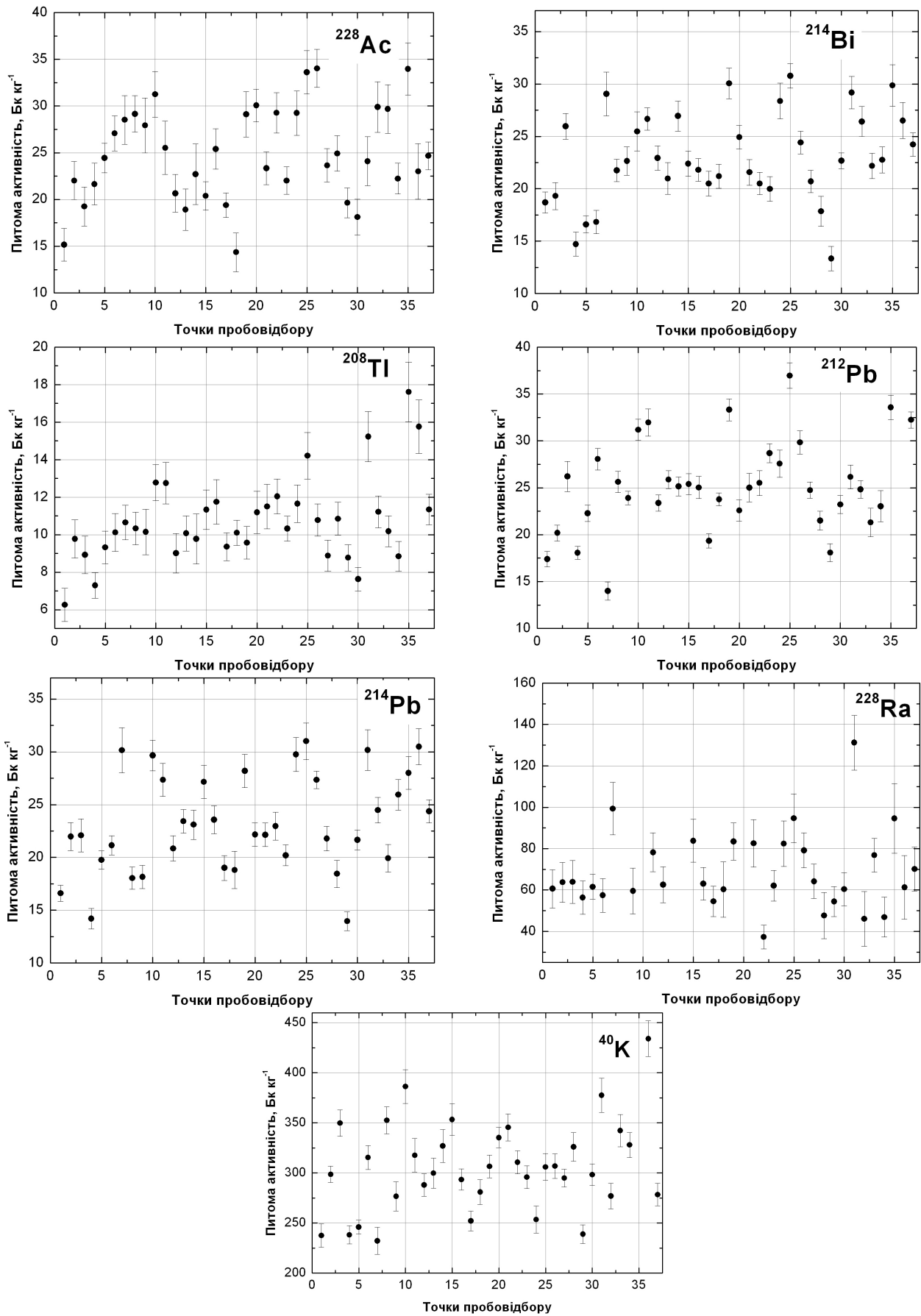


Рис. 2. Значення питомої активності природних радіонуклідів (⁴⁰К, ²²⁸Ac, ²¹²Pb, ²⁰⁸Tl, ²²⁶Ra, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi) в зразках проб поверхневих шарів ґрунту міста Ужгород у 2012 році.

Отримані дані свідчать, що основний внесок у природну гамма-активність проб поверхневих шарів ґрунтів вносять ізотопи ^{40}K та ланцюжки розпаду ядер ^{232}Th , ^{238}U і ^{235}U . Це пов'язано з розповсюдженістю вказаних елементів у ґрунтах (калію $\sim 2,6\%$, торію $\sim (5\div 12)\cdot 10^{-4}\%$ та урану $\sim (2,6\div 4)\cdot 10^{-4}\%$) [7].

Концентрації вказаних елементів у пробах ґрунтів відрізняються в залежності від місць пробовідбору навіть на невеликих за площею територіях, оскільки залежать від характеру ґрунтоутворення [8, 9].

Для визначення поглиненої дози використовувалась питома активність за попередні роки: 2006 [10] та 2007-2010 [6]. Поглинена доза D (нГр/год) від природних радіонуклідів визначалася за формулою:

$$D = a A_U + b A_{Th} + c A_K, \quad (5)$$

де a , b , c – коефіцієнти, які рівні 0,462, 0,604, 0,042, відповідно, A_U , A_{Th} та A_K – питома активність (Бк/кг) радіоізоотопів ^{238}U , ^{232}Th та ^{40}K , відповідно.

Для досліджуваних проб ґрунтів визначався індекс зовнішньої небезпеки від природних радіонуклідів:

$$H_{ex} = \frac{A_U}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810}, \quad (6)$$

де A_U , A_{Th} та A_K – питома активність радіоізоотопів ^{238}U , ^{232}Th та ^{40}K у Бк/кг, відповідно. Зазвичай значення $H_{ex} < 1$, а у випадку $H_{ex} > 1$ – техногенне забруднення.

Рівень щорічної ефективної дози визначався за співвідношенням:

$$S_{ef} = D \times 24 \times 365 \times 0,7 \times 0,2, \quad (7)$$

де D – загальна поглинена доза, нГр/год [11].

Середнє значення поглиненої дози рівне 36,2 нГр/год. Значення середньої поглиненої дози для м. Ужгород за 2006 – 2012 роки представлено на рис. 3. Середнє значення індексу зовнішньої небезпеки від природних радіонуклідів рівне 0,21, що свідчить про відсутність радіоактивного

забруднення гамма-радіонуклідами в Ужгороді. Середнє значення середньорічної ефективної дози від природних радіонуклідів в м. Ужгород рівне $4,4 \cdot 10^{-5}$ Зв.

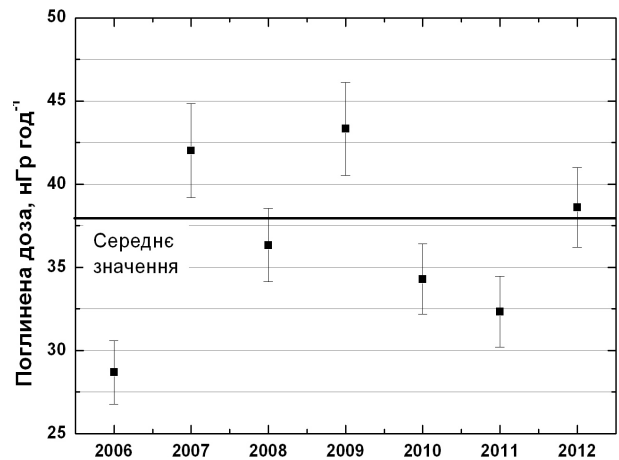


Рис. 3. Значення середньої поглиненої дози для м. Ужгород за 2006 – 2012 роки.

Висновки

У даній роботі представлено результати вимірів, які були проведені протягом 2006–2012 років, за якими встановлено середні фонові значення питомої активності для природних радіонуклідів: ^{40}K $\sim 302,9$ Бк/кг, ^{232}Th (по ^{228}Ac) $\sim 24,1$ Бк/кг, ^{226}Ra (по ^{214}Bi) $\sim 18,6$ Бк/кг у поверхневих шарах ґрунту м. Ужгород.

Порівняння отриманих значень питомої активності з результатами аналогічних досліджень, проведених у 2001 році [3], вказують на сталість їх чисельних значень для більшості точок відбору та відсутність техногенного забруднення.

Порівнюючи чисельні значення поглиненої дози та середньорічної ефективної дози в точках пробовідбору з аналогічними значеннями для сусідніх країн, встановлено відсутність аномальних кількостей природних радіонуклідів в ґрунтах м. Ужгород [11].

Автор висловлює подяку ст. н. с. Парлагу О.О. за постановку задачі, проф. Маслюку В.Т. за обговорення результатів досліджень та ст. н. с. Ленделу О.І. за допомогу в проведенні розрахунків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Иохельсон С.Б. Гамма-спектрометрический анализ проб почвы. В кн.: Радиоактивность почв и метод ее определения. М.: Наука, 1966. – С. 239–257.
2. 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. 350–361.
3. Парлаг О.О., Маслюк В.Т., Пуга П.П. та ін. Склад гамма-активних природних та техногенних компонент поверхневих шарів ґрунту // Вісник УжНУ. Серія Хімія. – 2001. – В.6. – С. 98–102.
4. Потокі І.С. Параметричне описання абсолютної ефективності напівпровідникових детекторів для виміру активності об'ємних зразків // Наук. вісник Ужгород. ун-ту. Серія Фізика. – 2012. – Вип. 31. – С. 196–201.
5. 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.
6. Потокі І.С. Моніторинг вмісту природних та техногенних радіонуклідів у місті Ужгород гамма-спектрометричним методом // Наук. вісник Ужгород. ун-ту. Серія Фізика. – 2011. – Вип. 30. – С. 181–187.
7. 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. 350–361.
8. Прокофьев О.Н., Смирнов О.А. Фоновые уровни радиационных параметров почвы // Атомная энергия– 2003. – Т. 94. – Вып. 4. – С. 318–322.
9. Лашенова Т.Н., Зозуль Ю.Н. Определение фонового содержания радионуклидов и тяжелых металлов в почве // Атомная энергия – 2006. – Т. 100, Вып. 3. – С. 231–236.
10. Парлаг О.О., Маслюк В.Т., Чундак С.Ю., Потокі І.С. Вміст природних та техногенних радіонуклідів в поверхневих шарах ґрунту м. Ужгорода // Науковий вісник Ужгородського ун-ту. Серія хімія. – 2007. – Вип. 17-18. – С. 112–115.
11. UNSCEAR 2000, Annex B. Exposure from natural radiation sources // United Nations. – 2000. – P. 84-156.

Стаття надійшла до редакції 24.10.2012

I.S. Potoki

Institute of Electron Physics, National Academy of Sciences of Ukraine
88017, Uzhhorod, Universytetska Str., 21

MONITORING OF NATURAL RADIOACTIVITY IN UZHGOROD

The ^{232}Th (^{208}Tl , ^{212}Pb , ^{228}Ac), ^{238}U (^{214}Pb , ^{214}Bi) and ^{40}K natural radionuclides contents soil collected in Uzhhorod have been determined by low background spectroscopy. Radioactivity, absorbed dose, external hazard index and annual effective dose equivalents from gamma terrestrial radiation were found.

Keywords: Radioecology monitoring, radioactivity, absorbed dose, external hazard index, annual effective dose.

И.С. Потоки

Институт электронной физики НАН Украины
88017, Ужгород, ул. Университетская, 21

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ УЖГОРОДА

Предложено результаты измерений удельной активности природных радионуклидов рядов ^{232}Th (^{208}Tl , ^{212}Pb , ^{228}Ac), ^{238}U (^{214}Pb , ^{214}Bi) и ^{40}K в пробах поверхностных слоёв почв города Ужгород. Определено значение поглощенной дозы, индекса внешней опасности от природных радионуклидов эффективной дозы для г. Ужгород.

Ключевые слова: радиоэкологический мониторинг, удельная активность, поглощённая доза, индекс внешней опасности, эффективная доза.