

УДК 551.521.2

І.С. Потокі

Інститут електронної фізики Національної академії наук України

88017, Ужгород, вул. Університетська, 21, Україна

e-mail: nuclear@email.uz.ua

МОНІТОРИНГ ВМІСТУ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ РАДІОНУКЛІДІВ У МІСТІ УЖГОРОД ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Представлено результати моніторингу вмісту ^{40}K , ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl , ^{226}Ra , ^{214}Pb , ^{214}Bi і ^{137}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.

Вступ

Внаслідок зростаючого попиту на атомну енергію у народногосподарських цілях істотно зростає дія радіонуклідних джерел природного та штучного походження на навколишнє середовище, що суттєво впливає на радіаційну ситуацію окремих територій [1].

Результати досліджень техногенних забруднень ґрунтів природними та штучними радіонуклідами вказують, що більшість радіонуклідів концентруються саме у поверхневих шарах (0÷5 см від поверхні) [2-4]. Тому дослідження саме поверхневих шарів ґрунтів дозволяють отримати найбільш повну інформацію про вміст та концентрацію радіоізотопів як природних, так і штучних. Саме ці дані використовуються при проведенні оцінки радіаційного стану окремих територій.

У роботі представлено результати дослідження питомої активності природних радіонуклідів ^{40}K , ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl , ^{226}Ra , ^{214}Pb , ^{214}Bi та техногенного ^{137}Cs , які містяться у поверхневих шарах ґрунту міста Ужгород, відібраних для гамма-спектрометричного аналізу у березні 2010 року.

Матеріали та методи дослідження

Точковий відбір проб поверхневих шарів ґрунту у м. Ужгороді проводився у березні 2010 року. Пробовідбір було проведено у 37 точках зон, які мають різне технологічне 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.) 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 подальші виміри їх гамма-активності.

Виміри питомої активності проб 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 [5-7], який знаходився у комбінованому захисті, що дозволяло зменшити власний фон установки орієнтовно в 50 разів відносно фонових умов лабораторії [6].

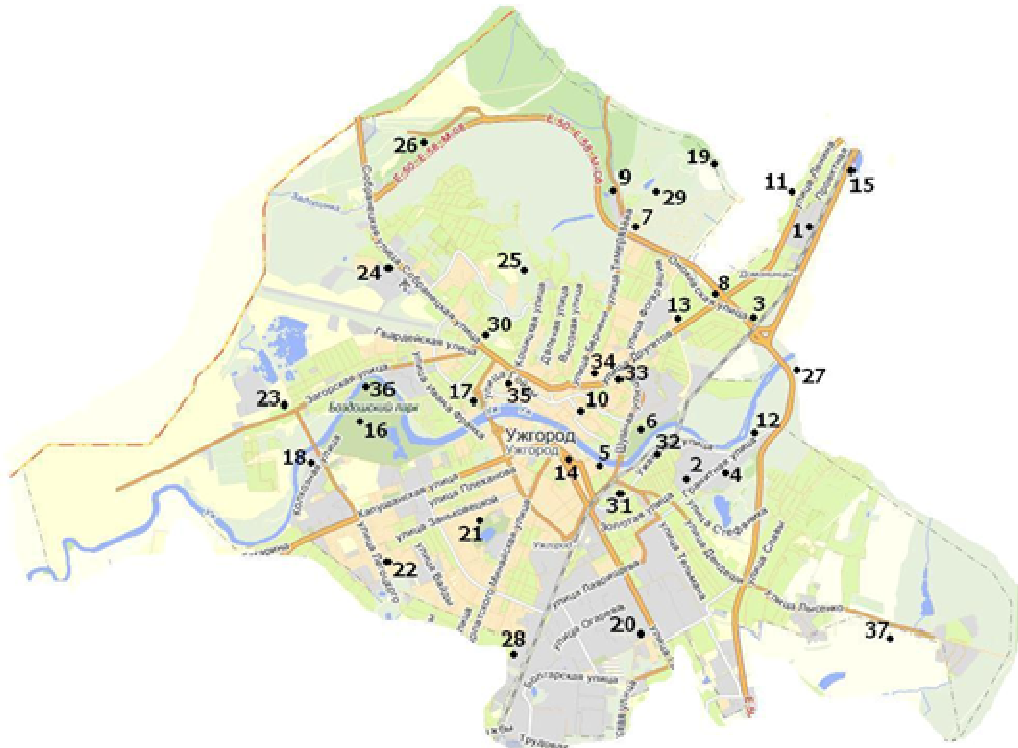


Рис. 1. Точки, в яких проводився відбір проб поверхневих шарів ґрунтів міста Ужгород, позначено 1 - 37.

Калібрувальні виміри залежності енергії піку повного поглинання від номеру каналу та ефективності реєстрації від енергії гамма-квантів проводилися з застосуванням атестованих об'ємних радіоізотопних комбінованих джерел ^{40}K - ^{137}Cs , та ^{152}Eu [5, 7]. Виміри абсолютної активності проб проводилися в однакових геометричних умовах. Час виміру становив 10000 секунд.

Під час проведення вимірів проб здійснювався контроль роботи спектромет-

ричного комплексу. На рис. 2 представлено типовий гамма-спектр проби ґрунту (1) та власного фону спектрометра.

Для ідентифікації гамма-ліній у спектрах зразків проб поверхневих шарів ґрунтів та проведення розрахунків питомої активності використовувалися значення ядерно-фізичних констант з [8], які представлені у табл. 1. В цій же таблиці приведено абсолютні значення активності власного фону установки.

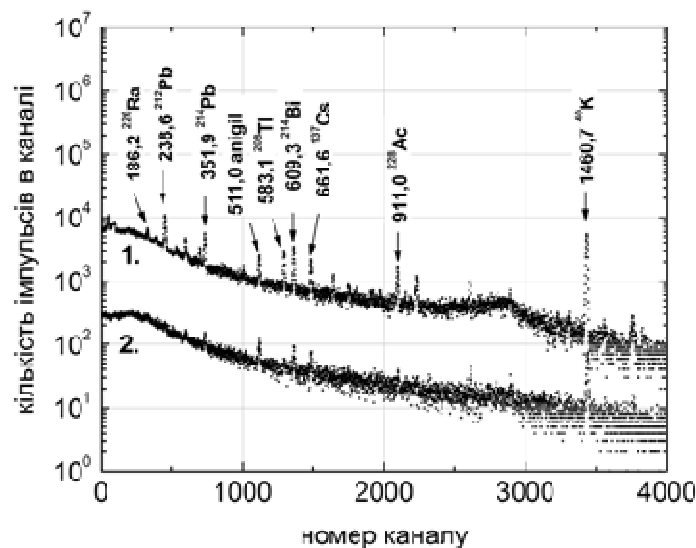


Рис. 2. Гамма-спектри проби ґрунту (1) та власного фону (2) спектрометричного комплексу.

Значення ядерно-фізичних констант основних гамма-активних компонент проб ґрунтів, абсолютні значення активності власного фону установки та зведені значення питомої активності

Радіо-нуклід	Енергія γ -лінії, кеВ	Квантовий вихід, %	Абсолютна активність власного фону, Бк	Мінімальне значення Бк \times кг ⁻¹	Максимальне значення Бк \times кг ⁻¹	Фонові значення Бк \times кг ⁻¹
⁴⁰ К	1460,07	10,7	69,27 \pm 7,24	198,3	355,0	282,9
²²⁸ Ac	911,2	26,6	3,46 \pm 0,81	14,8	33,4	23,0
²¹² Pb	238,6	43,6	–	3,2	34,3	21,1
²⁰⁸ Tl	583,2	84,5	4,82 \pm 0,66	6,9	13,1	9,6
²²⁶ Ra	186,2	3,5	15,17 \pm 5,18	25,9	119,9	58,8
²¹⁴ Pb	351,9	37,1	4,32 \pm 0,66	13,1	26,0	18,4
²¹⁴ Bi	609,3	46,1	\leq 1	11,8	22,9	17,0
¹³⁷ Cs	661,64	85,1	1,19 \pm 0,23	1,6	10,2	4,3

Результати та їх обговорення

Абсолютна активність радіонукліда A для піка повного поглинання з енергією E задається співвідношенням [4, 5]:

$$A = \frac{S_p}{\varepsilon_E \times t \times I_\gamma} \quad (1)$$

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):

$$A_m = \frac{A}{m} \quad (2)$$

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

Для обробки використовувалися піки повного поглинання, які належали конкретним радіонуклідам та відповідали умові (3) – так званому „критерію відсіву піків [6]:

$$S_p \geq P \cdot \sqrt{S_B} \quad (3)$$

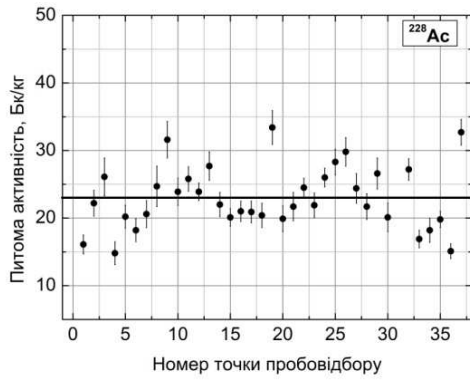
де S_p – площа піку, P – параметр відсіву піків (в цьому випадку рівний 3), S_B – площа фону.

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

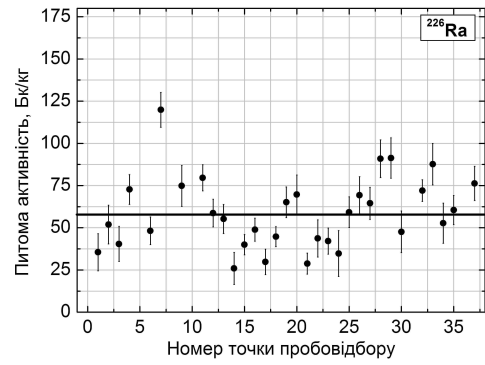
На рис. 3 представлені значення питомих активностей природних (⁴⁰К, ²⁸Ac, ²¹²Pb, ²⁰⁸Tl, ²²⁶Ra, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi) радіонуклідів та техногенного ¹³⁷Cs в зразках проб поверхневих шарів ґрунту, відібраних в 37 точках міста Ужгород (див. рис. 1). Їх граничні значення приведені у табл. 1.

Отримані дані свідчать, що основний внесок у природну гамма-активність проб поверхневих шарів ґрунтів вносять ізотопи ⁴⁰К та ланцюжки розпаду ядер ²³²Th, ²³⁸U і ²³⁵U. Це пов'язано з розповсюдженістю вказаних елементів у ґрунтах (калію $\sim 2,6\%$, торію $\sim (5\div 12)\times 10^{-4}\%$, та урану $\sim (2,6\div 4)\times 10^{-4}\%$) [9].

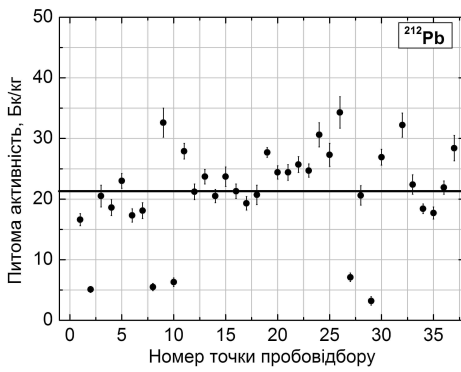
Концентрації вказаних елементів у пробах ґрунтів відрізняються в залежності від місць пробовідбору навіть на невеликих за площею територіях, оскільки залежать від характеру ґрунтоутворення (табл. 2) [10, 11].



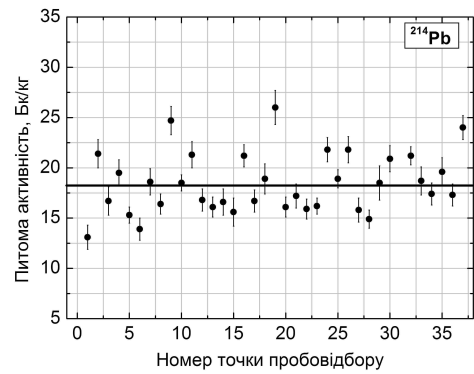
a.)



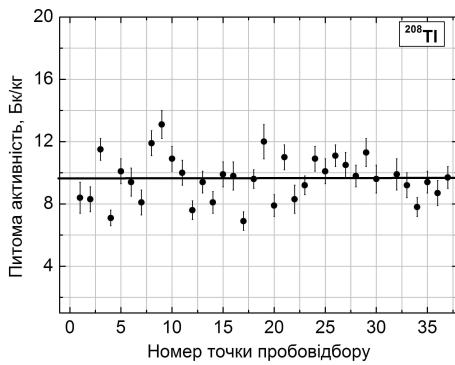
e.)



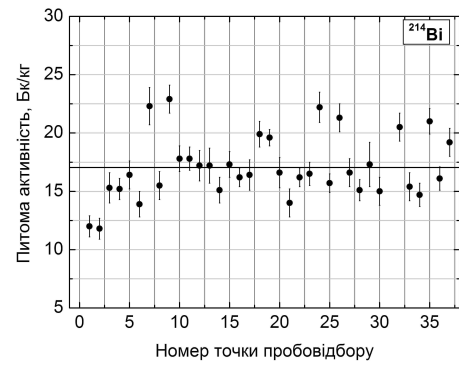
b.)



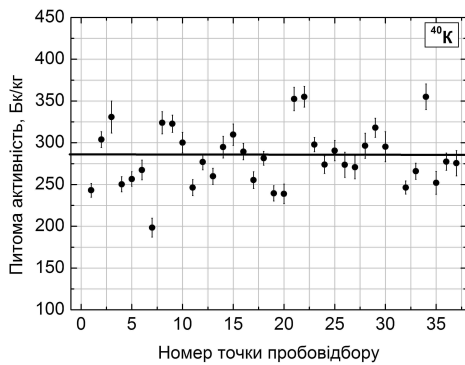
f.)



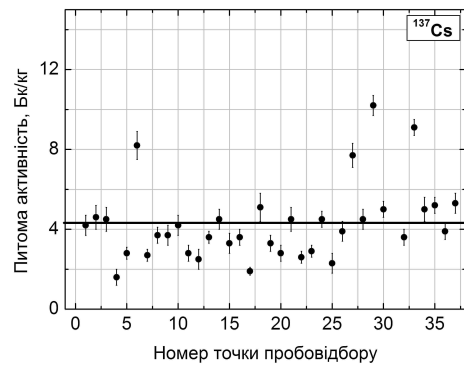
c.)



g.)



d.)



h.)

Рис. 3. Значення питомих активностей радіонуклідів ^{228}Ac – а, ^{212}Pb – б, ^{208}Tl – с, ^{40}K – д, ^{226}Ra – е, ^{214}Pb – ф, ^{214}Bi – г, ^{137}Cs – г) в зразках проб поверхневих шарів ґрунту міста Ужгород.

Питома активність природних радіонуклідів ^{40}K та рядів ^{238}U і ^{232}Th в ґрунтах різного типу (Бк \times кг $^{-1}$) [10]

Ґрунти	^{40}K	Ряд ^{238}U	Ряд ^{232}Th
Сіроземи	670	31	48
Сіро-коричневі	700	28	41
Каштанові	550	27	37
Чорноземи	410	22	36
Сіро-лісові	370	18	27
Дерново-підзолисті	300	15	22
Підзолисті	150	9	12
Торф'яні	90	6	6

На концентрацію цих елементів впливає і технологічна зміна природного радіаційного фону (використання будівельних матеріалів зі збільшеним вмістом природних радіонуклідів, спалення кам'яного вугілля та інші фактори).

Значення питомої активності ^{137}Cs у відібраних пробах знаходяться в межах $1,6\pm 0,4 \div 10,2\pm 0,5$ Бк \times кг $^{-1}$. Статистична похибка вимірів не перевищує $\sim 12\%$. Наявність цього елемента в оточуючому середовищі пояснюється глобальними викидами, наслідками випробовувань ядерної зброї та наслідками аварії на Чорнобильській АЕС. Його концентрація може відрізнятись у десять разів в залежності від місць пробовідбору.

Проведено порівняння отриманих значень ^{137}Cs з результатами досліджень питомої активності ^{137}Cs в пробах ґрунтів заповідника Асканія Нова [12], оскільки вплив техногенних факторів на його територію мінімальний (заповідник знаходиться на значній віддалі від великих промислових центрів, на його території ніколи не проводилися сільськогосподарські роботи). Їх значення знаходяться в межах $25,1 \div 76,2$ Бк \times кг $^{-1}$. Порівняно високий вміст ^{137}Cs у ґрунтах заповідника пояснюється забрудненням внаслідок аварії на ЧАЕС [12].

Порівняння отриманих значень питомих активностей основних природних радіонуклідів та ^{137}Cs для зразків проб ґрунтів, відібраних для аналізу у 2010 році з результатами аналогічних досліджень

проведених у 2001 [7] і у 2006 [13-15] роках вказує на сталість їх характеристик.

Вміст радіонуклідів у ґрунтах діючими санітарно-законодавчими документами не нормується. З цієї причини радіаційно-екологічний стан ґрунту оцінюють порівнянням з контрольними рівнями, які затверджують місцеві органи санітарно-епідеміологічного нагляду на основі середніх значень [10, 11].

За результатами вимірів встановлено середні фонові значення питомої активності для природних радіонуклідів:

$$\begin{aligned} &^{40}\text{K} \sim 282,9 \text{ Бк}\times\text{кг}^{-1}, \\ &^{232}\text{Th} \text{ (по } ^{228}\text{Ac)} \sim 23,0 \text{ Бк}\times\text{кг}^{-1}, \\ &^{226}\text{Ra} \text{ (по } ^{214}\text{Bi)} \sim 18,4 \text{ Бк}\times\text{кг}^{-1} \end{aligned}$$

і техногенного $^{137}\text{Cs} \sim 4,3$ Бк \times кг $^{-1}$ у поверхневих шарах ґрунту м. Ужгороду в 2010 році. Аналогічні значення для м. Москви [10,11] (виміри проводилися на протязі останніх 20 років) становили ~ 660 Бк \times кг $^{-1}$, ~ 40 Бк \times кг $^{-1}$, ~ 30 Бк \times кг $^{-1}$, ~ 10 Бк \times кг $^{-1}$, відповідно. Відмінність значень для основних природних радіонуклідів пов'язана з ґрунтоутворенням [10].

Висновки

Проведено виміри питомої активності природних радіонуклідів ^{40}K , ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl , ^{226}Ra , ^{214}Pb , ^{214}Bi та техногенного ^{137}Cs , які містяться у зразках проб поверхневих шарів ґрунту міста Ужгород, відібраних у 37 точках зон з різним технологічним навантаженням.

За результатами вимірів встановлено середні фонові значення питомої активності:

для природних радіонуклідів

$$^{40}\text{K} \sim 282,9 \text{ Бк} \times \text{кг}^{-1},$$

$$^{232}\text{Th} \text{ (по } ^{228}\text{Ac)} \sim 23,0 \text{ Бк} \times \text{кг}^{-1},$$

$$^{226}\text{Ra} \text{ (по } ^{214}\text{Bi)} \sim 18,4 \text{ Бк} \times \text{кг}^{-1}$$

техногенного

$^{137}\text{Cs} \sim 4,3 \text{ Бк} \times \text{кг}^{-1}$. Порівняння отриманих значень питомої активності з результатами аналогічних досліджень,

проведених у 2001 [7] та 2006 [13-15] роках, вказують на сталість їх чисельних значень для більшості точок відбору та відсутність техногенного забруднення.

Автор висловлює подяку науковому керівнику Парлагу О.О. та професору Маслоку В.Т. за постановку задачі та обговорення результатів досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Парлаг О., Маслоку 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). Вінниця. – 2006. – С 173.
2. Бахур А.Е. Научно-методические основы радиоэкологической оценки геологической среды // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минерал. наук. ФГУП «ВИМС им. Н.М. Федоровского». – Москва – 2008. – 48 с.
3. Потапов В.Н. Разработка радиометрических систем и методов полевых и дистанционных измерений радиоактивного загрязнения // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук. РИЦ «Курчатовский институт» Москва – 2010. – 47 с.
4. Говорун А.П., Ликсонов В.И., Потапов В.Н., Уруцкоев Л.И., Чесноков А.В., Щербак С.Б. Метод определения плотности загрязнения и оценка глубины проникновения в почве ^{137}Cs . – Атомная энергия. – т.78, №3, Март 1995, С. 199-204.
5. Парлаг О.О., Стець М.В., Маслоку В.Т. та інші. Використання методів гамма-спектрометрії високої роздільної здатності для дослідження вмісту мікроелементів у зразках ґрунту // Матеріали міжнародного симпозиуму «Інтегрований захист плодівих культур та виноградників», Ужгород, 2000. – С. 94–99.
6. Парлаг О.О., Стець М.В., Маслоку В.Т. та інші. Про спектральний склад природної гамма-активності // Вісник Ужгородського університету. Сер. Фізика. – 1999. – № 5. – С. 129–133.
7. Парлаг О.О., Маслоку В.Т., Пуга П.П., Сухарев С.М. Склад гамма-активних природних та техногенних компонент поверхневих шарів ґрунту // Вісник УжНУ. Сер. Хімія. – 2001. – Вип. 6. – С. 98–102.
8. 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.
9. 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.
10. Прокофьев О.Н., Смирнов О.А. Фоновые уровни радиационных параметров почвы // Атомная энергия – 2003. – Т. 94. – Вып. 4. – С. 318–322.
11. Лащеннова Т.Н., Зозуль Ю.Н. Определение фонового содержания радионуклидов и тяжелых металлов в почве //

- Атомная энергия – 2006. – Т. 100, Вып. 3. – С. 231–236.
12. Булкин В., Малюк И., Огородник А. и др. Микроэлементный состав грунтов и растительности заповедника Аскания-Нова // Препринт КИЯИ-94-10. – 1994. – С. 1–23.
13. Парлаг О.А., Маслюк В.Т., Потоки И.С. Содержание естественных и техногенных радионуклидов в поверхностных слоях почв г. Ужгорода // Тезисы докладов «V конференции по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям». 2007 - Харьков – С. 43.
14. Potoki I., Parlag O. Long term monitoring of the ^{137}Cs content in surface soil layer in Uzhgorod by gamma-spectrometry // Abstract book. International conference: Natural and artificial ecosystems in the Somes- Cris- Mures- Tisa river basin. “Vasile Goldis” University Press. Arad – 2010. – P. 36.
15. Потоки И.С., Парлаг О.А., Маслюк В.Т. Мониторинг содержания цезия-137 в поверхностных слоях почвы г. Ужгорода // Тезисы докладов “VIII конференции по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям” 2010 - Харьков. – С. 37–38.

Стаття надійшла до редакції 28.05.2011

I.S. Potoki

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

THE CONTROL OF NATURAL AND ARTIFICIAL RADIONUCLIDES OF UZHGOROD AREA BY GAMMA-SPECTROMETRY

The results of gamma-spectroscopic measurement of the ^{40}K , ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl , ^{226}Ra , ^{214}Pb , ^{214}Bi and ^{137}Cs content in the surface soil probes of Uzhhorod 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.

И.С. Потоки

Институт электронной физики Национальной академии наук Украины
88017, г. Ужгород, ул. Университетская, 21, Украина

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ПОЧВ ГОРОДА УЖГОРОДА МЕТОДОМ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ

Представлены результаты мониторинга содержания ^{40}K , ^{228}Ac , ^{212}Pb , ^{208}Tl , ^{226}Ra , ^{214}Pb , ^{214}Bi и ^{137}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.