

po voboru visokovoltnih ogranicitel'ej perenaprjaztnij proizvodstva firvi АББ. – ЗАО АББ UETM, 1996. – 24 . **12.** Grib O.G., Shevchenko S.U., Gapon D.A., Ierusalimova T.S., Zdanov R.V. Rabota sredstv pfschini ot perenaprjazhenij pri nalichii v tlektlicheakih setjah visshih garmonik Elektrotehnika ta elektromehanika. – Rharkiv, 2014. –No 4. **13.** Vibor ispitaniya i primenenie . Metalooksidnih ogranicitel'uj perenaprjazheniya v aetjah srednego naprjazheniya. АBB High Voltage Technologies Ltd. – 1994.**14.** Metalooksidnie ograniciteli perenaprjazheniya . Vibor i primenenie . Metalooksidnih ogranicitel'uj perenaprjazheniya v aetjah srednego naprjazheniya: Informachija Tayko electronics Rayhem GmbH. – Kyiv, 2011. – 18 .

*Надійшла (received) 21.04.2015*

УДК 681.2:623.454.836

**О. М. ГРИГОР'ЄВ**, канд. физ. мат. наук, ст. н. с. НДЛ ФВП НТУ «ХПП»;

**З. В. БЛИК**, науч. сот. НДЛ (о РХБ з), ФВП НТУ «ХПП»;

**Ю. В. ЛИТВИНОВ**, доц. Харківського Національного пед.ун-ту;

**М. Є. ПОЛЯНСЬКИЙ**, інженер I категорії каф. ФБМЕ та КІТ, ХНУ ім. В.Н. Каразіна;

**В. В. МАРУЩЕНКО**, канд. біол. наук, доц., нач. каф. БЗПВРХБз, ФВП НТУ «ХПП»

**О. Ю. ЧЕРНЯВСЬКИЙ** , начальник НДЛ (о РХБ з), ФВП НТУ «ХПП».

## **ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ ТА ШАРУ ЗАХОРОНЕННЯ ТОЧКОВИХ ДЖЕРЕЛ ГАММА-ВИПРОМІНЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРІЇ**

Експериментально досліджено зміну енергії джерела гамма-випромінювання  $^{137}\text{Cs}$  при проходженні гамма-випромінювання крізь поглинач. Виявлено зменшення енергії гамма-випромінювання джерела  $^{137}\text{Cs}$  при проходженні пучка гамма-випромінювання крізь поглинач зі свинцю товщиною 22 мм, 28 мм, 35 мм та 43 мм. Зменшення енергії гамма-випромінювання спостерігали з використанням спектрометрії гамма-випромінювання телурид кадмієвим детектором розміром  $5 \times 5 \times 2$  міліметра. Отримані результати дозволяють стверджувати, що є можливість визначати місцезнаходження радіонуклідів, що захороненні під поверхнею ґрунту на глибину декількох метрів. Глибину захоронення визначають за зменшенням кількості гамма-квантів в піку повного поглинання при використанні радіонукліда цезій-137 активністю  $2,064 \cdot 10^9$  Бк, що розташований на відстані трьох метрів від блоку детектування.

**Ключові слова:** гамма-випромінювання, кадмій телур, захоронення, гамма-джерело.

**Вступ.** Використання людством ядерно-паливного циклу призвело до забруднення значних територій радіонуклідами, зокрема  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и

© О. М. Григор'єв, З. В. Білик, Ю. В. Литвинов, М. Є. Полянський, В. В. Марущенко,  
О. Ю. Чернявський, 2015

$^{239}\text{Pu}$ , що становить значну небезпеку для людства у зв'язку із розповсюдженням радіонуклідів повітрям, проникненням до ґрунту та в підземні води, а далі до організму тварин та людини.

Так, в результаті радіаційних аварій, що мали місце на об'єктах «Маяк» в 1960-х роках відбулося радіоактивне забруднення не лише територій промислової площадки, санітарно-захисної зони навколо підприємств, але частини територій Челябінської, Свердловської та Курганської областей Російської Федерації.

В результаті випробувань ядерної зброї в 60-х роках на поверхні землі північної півкулі присутня велика кількість радіоактивних речовин, що визначають глобальне фонове забруднення. К 1986 року (до Чорнобильської аварії) загальна активність  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , що знаходилися на території північної півкулі, склала десятки МКі. Аварія на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС) в 1986 році за масштабами радіоактивного забруднення навколишнього середовища перевершила всі попередні радіаційні інциденти [1]. Найбільше забруднення отримала Республіка Білорусь, Брянська область Російської Федерації та країни Скандинавії.

До цього, існує імовірність аварій, що викликані природники кактаклізмами, наприклад у 2011 році в Японії у м. Фокусіма атомна електростанція була пошкоджена цунамі, що призвело до забруднення вод в океані, а також пожежа лісів біля зони відчуження ЧАЕС у 2015 році, що могла призвести до розповсюдження радіонуклідів у разі не своєчасного гасіння.

Аналіз використання енергії в світі показує зростання енергоспоживання. Найбільш доцільним є використання ядерної енергетики. Але нарощування ядерних потужностей вимагає забезпечення ядерної та радіаційної безпеки всього циклу виробництва енергії аж до захоронення радіоактивних відходів та створення необхідних систем для ліквідації наслідків можливих радіаційних аварій.

Однією із задач ліквідації радіоактивних забруднень є пошук радіоактивних джерел під шаром ґрунту або під зруйнуваннями радіаційних об'єктів. Так, для ліквідації аварії на Грозненському хімічному комбінаті в Російській Федерації було застосовано спектрометричний колімований детектор з кутом колімації  $10^\circ$  та  $5^\circ$ . Заглиблення джерела визначали за відношенням швидкістю лічби гамма-квантів в піку повного поглинання та в області комптонівського розсіювання, а отримані дані порівнювали із даними від відкритого гамма-джерела. В якості детектора було обрано  $\text{CsI(Tl)}$  об'ємом  $5\text{ см}^3$ . Недоліком даного пристрою є великий час пошуку, що обумовлено покроковим переміщен-

ням спектрометричного колімованого детектора та часом вимірювання спектру.

Метою роботи є розробка методу та пристрою для визначення шару захоронення точкових джерел гамма-випромінювання з використанням гамма-спектрометрії.

**Викладення основного матеріалу.** Метод для визначення шару захоронення точкових джерел гамма-випромінювання полягає в визначенні напрямку на гамма-джерело [3] із використанням спектрометричних телурид кадмієвих детекторів, подальшому визначенні кількості імпульсів в піці повного поглинання та порівняння його із спектром від відкрито розташованого відповідного гамма-джерела. За зменшенням кількості імпульсів у піці повного поглинання визначають глибину захоронення гамма-джерела.

Експериментальну перевірку проводили за допомогою чотириканального аналізатора імпульсів за каналом гамма-випромінювання з використанням джерела гамма-випромінювання  $^{137}\text{Cs}$  активністю  $A=2,064 \cdot 10^9$  Бк. В якості детектора використовувався спектрометричний телурид-кадмієвий детектор розміром  $5 \times 5 \times 2$  міліметра з енергетичним розрізненням до 100 кеВ для вимірювання розподілу гамма-квантів за енергією, ефективність рахунків детектора складала 0,8 %. Відстань до джерела з активністю  $A$  складала 3 метри, дискримінація встановлювалась на рівні 70-80 кеВ. Спектр гамма-випромінювання, що отриманий на відкрито розташованому детекторі від джерела з активністю  $A$  зображений на рисунку 1.

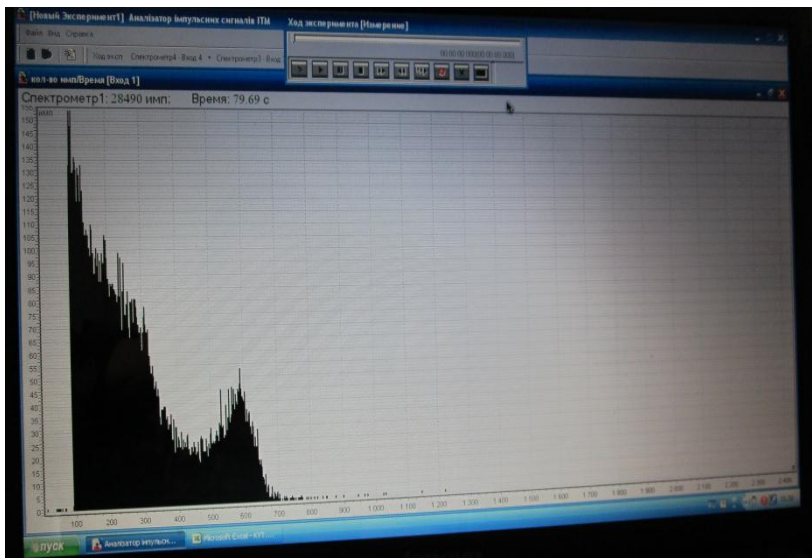


Рис. 1 – Результати виміру гамма-випромінювання від джерела гамма-випромінювання  $^{137}\text{Cs}$   $A=2,064 \cdot 10^9$  Бк без поглиначя

Для дослідження можливості пошуку джерел гамма-випромінювання під поглинаючим шаром було використано поглиначі із свинцю різних товщин. Рисунки 2 – 5 демонструють відповідні енергетичні спектри від джерела гамма-випромінювання  $^{137}\text{Cs}$  активністю  $A=2,064 \cdot 10^9$  Бк, що вимірюються детектором розташованим за поглиначем із свинцю товщиною 22 мм, 28 мм, 35 мм та 43 мм відповідно.

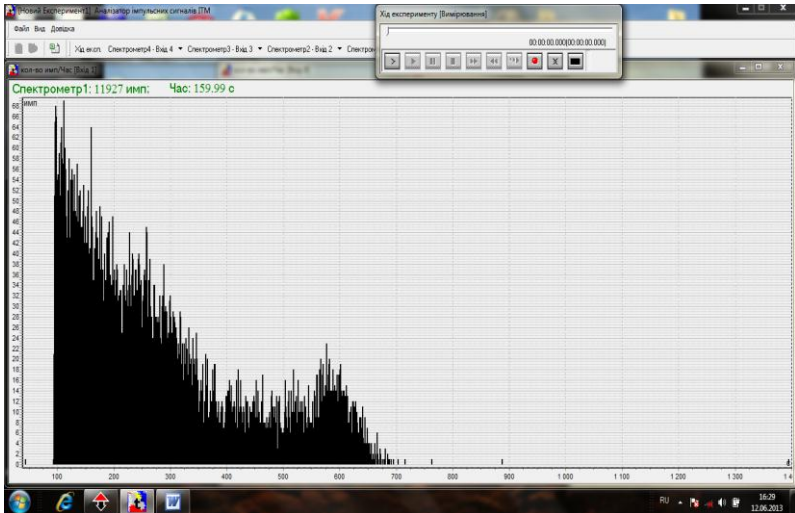


Рис. 2 – Результати виміру гамма-випромінювання від джерела гамма-випромінювання  $^{137}\text{Cs}$   $A=2,064 \cdot 10^9$  Бк, що проходить крізь поглинач зі свинцю товщиною 22 міліметри

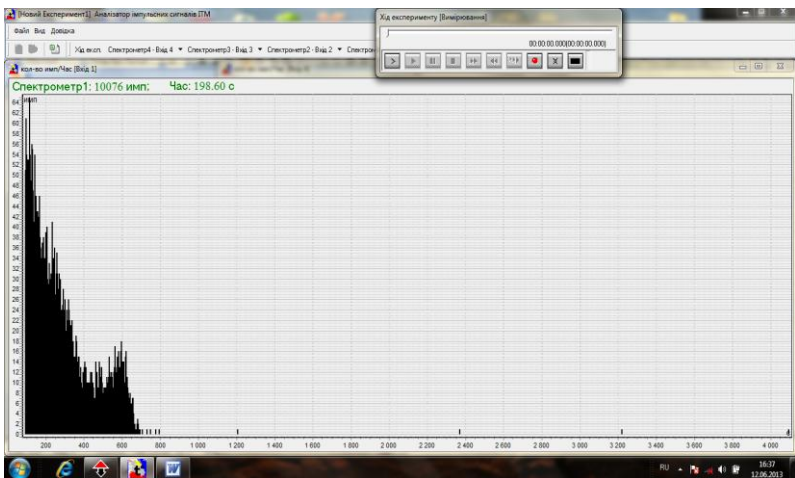


Рис. 3 – Результати виміру гамма-випромінювання від джерела гамма-випромінювання  $^{137}\text{Cs}$   $A=2,064 \cdot 10^9$  Бк, що проходить крізь поглинач зі свинцю товщиною 28 міліметри

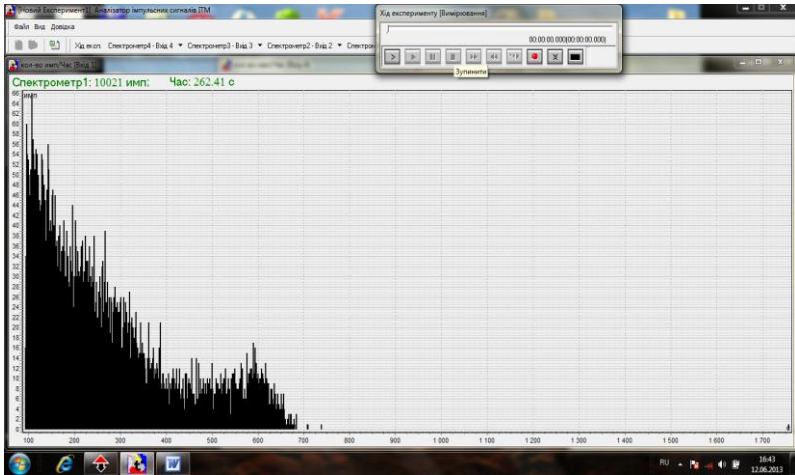


Рис. 4 – Результати виміру гамма-випромінювання від джерела гамма-випромінювання  $^{137}\text{Cs}$   $A=2,064 \cdot 10^9$  Бк, що проходить крізь поглинач зі свинцю товщиною 35 міліметрів

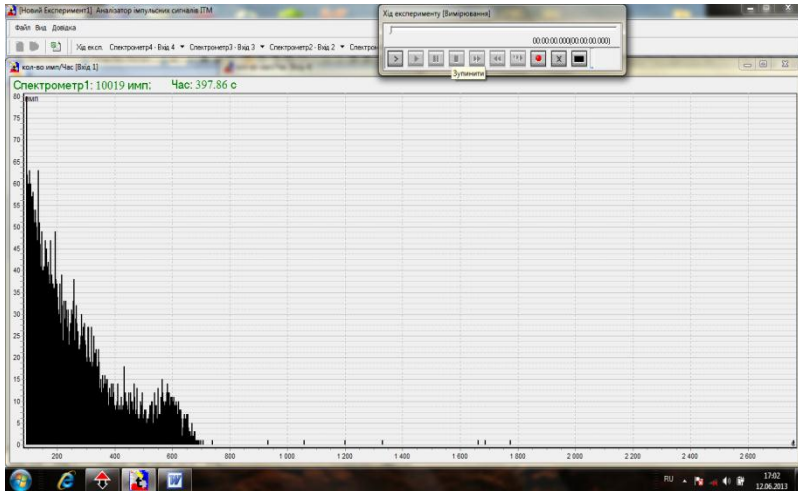


Рис. 5 – Результати виміру гамма-випромінювання від джерела гамма-випромінювання  $^{137}\text{Cs}$   $A_2=2,064 \cdot 10^9$  Бк, що проходить крізь поглинач зі свинцю товщиною 43 міліметри

Із вище наведених спектрів можна спостерігати, що для визначення товщини заглиблення гамма-джерела під шаром матеріалу необхідно визначити кількість гамма-квантів у фотопіку та порівняти отримане значення із значенням від еталонного джерела.

**Висновки.** Таким чином, розроблений метод передбачає визначення напрямку на гамма-джерело, вимірювання кількості гамма-квантів у фотопіку та порівняння отриманого значення із значенням від еталонного джерела за яким визначається товщина шару заглиблення джерела гамма-випромінювання під поверхнею матеріалів до товщини декількох метрів.

**Список літератури:** 1. *Потапов В.Н.* Разработка радиометрических систем и методов полевых и дистанционных измерений радиоактивного загрязнения: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук / Российский научный центр «Курчатовский институт». – Москва, 2010. – 304 с. 2. *Смирнов С.В.* Разработка экспериментальных приборных средств и методик их применения для поиска и характеристики источников ионизирующего излучения в сложной радиационной обстановке: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / МИФИ – Москва, 2010. – 104 с. 3. *Григор'єв О.М., Білик З.В., Сакун О.В., Марущенко В.В.* Визначення напрямку на точкові джерела фотонного випромінювання в площині, включаючи імпульсні // Вісник національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”: збірник наукових праць. “Електроніка та перетворювальна техніка”. – Харків: НТУ “ХПІ”. – 2012. – № 41. – с. 111-117.

**Bibliography (transliterated):** 1. Potapov, V.N. Razrabotka radiometricheskikh sistem i metodov polevyh i distancionnyh izmerenij radioaktivnogo zagrjaznenija: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepen idoktora fiziko-matematicheskikh nauk / Rossijskij nauchnyj centr “Kurchatovskij institut”. – Moscow, 2010. – 304 s. 2. *Smirnov, S.V.* Razrabotka jeksperimental'nyh pribornyh sredstv i metodik ih primenenija dlja poiska i harakterizacii istochnikov ionizirujushhego izlucheniya v slozhnoj radiacionnoj obstanovke: Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata fiziko-matematicheskikh nauk / MIFI – Moscow, 2010. – 104 s. 3. *Grigor'ev, O.M., Z.V. Bilik, O.V. Sakun, V.V. Marušenko* Vizačenn naprâmkunatočkovi dzerela fotonnog viprominuvan-viprominuvan-na vplosini, vključauci impul'sn // Visnik nacional'nogotehničnogouniversitetu “Harkivsk'ij politehničnij institut”: zbirnik naukovih prac'. Elektronikataperetvorival'notehnika”. Harkiv: NTU “KhPI”, No 41. 2012. 111-117. Print.

*Надійшла (received) 20.05.2015*