

ПІДВИЩЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ МЕТОДУ РЕТРОСПЕКТИВНОЇ ТЕРМОЛЮМІНЕСЦЕНТНОЇ ДОЗИМЕТРІЇ НА ОСНОВІ КВАРЦУ

В.М.Волоський, С.В.Шолом, В.В.Чумак

Науково-дослідний інститут радіаційного захисту АТН України,
вул. Мельникова-53, Київ, 04050
vit@leed1.kiev.ua.

Модифіковано методику ретроспективної термолюмінесцентної (ТЛ) дозиметрії кварцу, яка на сьогоднішній день спроможна визначати дозу радіоактивного опромінення населених пунктів у декілька десятків мілігрей. За цією методикою було реконструйовано дози аварійного опромінення близько 50 населених пунктів, що постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС. Дана методика використовується для перевірки розрахункових методів та моделей.

Після аварії на Чорнобильській АЕС виникла необхідність ретроспективної реконструкції доз населення, що проживає на забруднених територіях. Одним із шляхів розв'язання цієї задачі є використання розрахункових моделей, які на основі даних прямих вимірювань дають оцінку кумулятивної дози опромінення населення. Але даних прямих вимірювань недостатньо, та й дозиметричні та радіоекологічні моделі вимагають верифікації та уточнення параметрів. Методом верифікації може бути дозиметрія, що основана на люмінесцентних властивостях кварцу, який міститься в будівельних матеріалах, зокрема, в червоній цеглі. Для широкого застосування методика термолюмінесцентної (ТЛ) дозиметрії кварцу повинна вирішувати ряд проблем. Однією з головних проблем є відносно низькі значення кумулятивних доз. Тому для підвищення чутливості методу ретроспективної ТЛ дозиметрії було ретельно досліджено всі складові кумулятивної дози, що накопичена зернами кварцу, які знаходяться всередині відпалених під час виробництва будівельних матеріалів (червона цегла, облицювальна плитка). Головною проблемою було визначення аварійного (чорнобильського) компонента дози.

Для досліджень вибиралися будинки, що були побудовані з червоної цегли не-

задовго до аварії на ЧАЕС. Проби відбиралися у вигляді кернів на висоті 1 м від поверхні землі, так як на цій висоті прийнято розраховувати всі дозиметричні поля. Спочатку видалявся поверхневий шар 3–4 мм, який зазнав впливу навколишнього середовища та випромінюючої дії сонця. Для вимірювання вирізався шар з глибини 4–15 мм. Далі матеріал подрібнювався за допомогою преса і просіювався на різні за розміром зерен фракції. Фракція 100–160 мкм оброблялась послідовно в соляній і плавиковій кислотах, ретельно промивалась у дистильованій воді та просушувалась при температурі 80°C. Потім зразки очищувались від важких домішок шляхом розділення за питомою вагою в важкій рідині (полівольфрамат натрію).

Дослідження проводились на установці HARSHAW 3500 за високотемпературною ТЛ методикою. Як показали дослідження, кварц з червоної цегли українського виробництва має в основному пік ТЛ 210°C та додатково в деяких зразках – 325°C. Останній тільки для деяких зразків, внаслідок низької чутливості, використовувався для побудови дозових кривих. Предозова ТЛ методика виявилася мало застосовною через слабкий приріст чутливості піка 100°C [1, 2]. Для побудови дозових кривих зразки доопромінювались на каліброваному ¹³⁷Cs джерелі

4–5 додатковими дозами з кроком до-опромінення, близьким до накопиченої дози (рис.1–2). На основі кривих ТЛ висвічування будувались дозово-температурні залежності (рис.3), на яких вибирались "плато", в межах яких значення доз були приблизно однаковими [1, 3]. В цих межах робилося подальше інтегрування і будувались криві дозового відгуку (рис.4). Як правило плато лежало в районі 210°C- або (і) 325°C-піків.

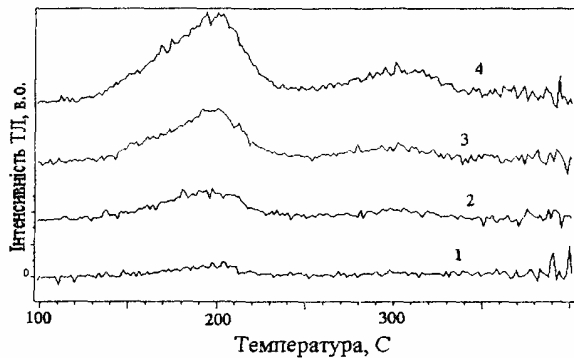


Рис. 1. Криві ТЛ висвічування низькодозового зразка (щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs близько 5 $\text{Кі}/\text{км}^2$). 1–4 - спектри вихідного зразка і зразка з дозами відповідно 50, 100 і 200 мГр.

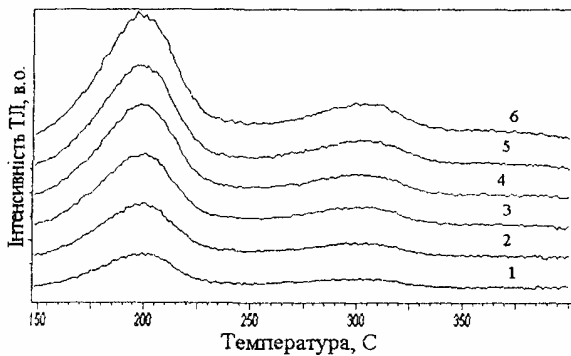


Рис. 2. Криві ТЛ висвічування високодозового зразка (щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs близько 200 $\text{Кі}/\text{км}^2$). 1–6 – спектри вихідного зразка і зразка з дозами відповідно 0.5, 1, 1.5, 2 і 2.5 Гр.

В результаті екстраполяції до перетину з віссю абсцис була отримана кумулятивна доза $D_{\text{кум}}$, накопичена кварцом з моменту відпалення зразка. Ця доза може бути представлена таким виразом [4–6]:

$$D_{\text{кум}} = D_{\text{авар}} + B \times (P_{\alpha} + P_{\beta} + P_{\gamma} + P_{\text{косм}}), \quad (1)$$

де $D_{\text{авар}}$ – доза аварійного опромінення; B – вік зразка, P_{α} і P_{β} – потужності дози від альфа і бета-випромінювання природних радіонуклідів, що розташовані всередині кварцевмісного матеріалу, P_{γ} і $P_{\text{косм}}$ – доза від гамма- і космічного випромінювання. Перше включає в себе як гамма-випромінювання природних радіонуклідів, що містяться всередині кварцевмісного матеріалу, так і гамма-випромінювання ґрунту і навколишнього середовища.

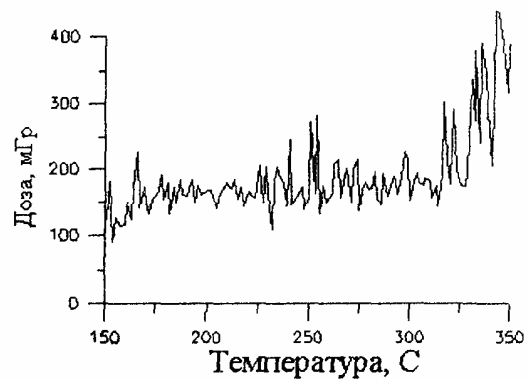


Рис. 3. Приклад дозово-температурної залежності для одного з типових зразків кварцу.

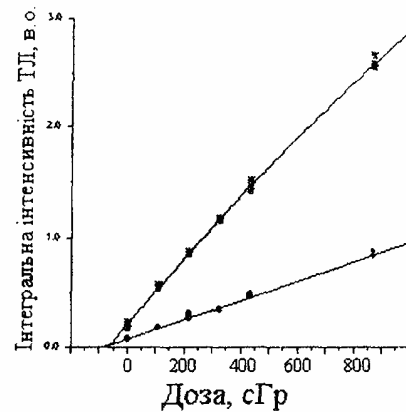


Рис. 4. Приклад дозової залежності для одного з типових зразків кварцу.

Альфа-компонент поглинається поверхневим шаром кварцових зерен, який стравлюється за допомогою плавикової кислоти. З цієї причини в даній методиці цим компонентом дози було знехтувано.

Бета-компонент внутрішнього випромінювання матеріалу цегли був розрахований за кількісним вмістом природних радіоактивних елементів ^{238}U , ^{232}Th , ^{40}K та їх дочірних елементів [6]. Вміст останніх був визначений шляхом γ -спектрометрії.

Останні два компоненти виразу (1) від можуть бути поміряні шляхом розміщення на протязі декількох місяців спеціального дозиметра в місті відбору керна. За нашими даними, для досліджуваних

районів груба оцінка цього компонента становить 1 мГр/рік.

За нашими оцінками, для будівель віком 20–30 років вклад фонових компонентів у сумарну дозу становить близько 50–80 мГр. Аварійний компонент дози зовнішнього опромінення в середньому для досліджених населених пунктів, в яких проживають люди, не перевищував 160 мГр. Результати реконструкції доз для одного з населених пунктів, які отримані за даною методикою, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати реконструкції доз методом термолюмінісценції кварцу в смт Народичі Житомирської області.

№	Вік будівлі, років	Потужність дози на 1м, мкР/год	Адреса	Доза, реконструйована методом ТЛ, мГр
1	11	28	вул. Леніна, 47	16±6
2	28	32	вул. Гагаріна, 23	62±12
3	28	32	вул. Гагаріна, 23	78±13
4	15–17	23	вул. Житомирська(бойлерна)	142±21
5	20	28	вул. Жданова, 22	42±29
7	16	22	вул. Чапаєва, 153	38±17
8	17	26	вул. Леніна, 307	32±9
9	21	64	вул. Свердлова, 8	152±19
10	17–22	52	вул. Свердлова, 12	110±22
11	17–22	46	вул. Свердлова, 20	160±43
12	22	52	вул. Свердлова, 22	126±25
13	15	12	вул. Свердлова, 36	50±32
14	27–32	20	вул. Житомирська, 23	112±21

Таким чином, модифіковано методу ретроспективної ТЛ дозиметрії кварцу, яка на сьогоднішній день спроможна визначати дозу радіоактивного опромінення населених пунктів у декілька десятків мілігрей. За цією методикою було реконструйовано дози

аварійного опромінення близько 50 населених пунктів Овруцького, Народицького та Поліського районів, що постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС [7]. Дана методика може бути використана для перевірки розрахункових методів та моделей.

Література

1. E.H.Haskell, I.K.Bailiff, *Radiat. Prot. Dosim.* **34**, 195 (1990).
2. S.A.Petrov, I.K.Bailiff, *Radiat. Measur.*, **24**, 519 (1995).
3. D.Stoneham, I.K.Bailiff, L.Brodski, Y.Goksu, E.Haskell, G.Hutt, H.Jungner, T.Nagatomo, *Nucl. Tracks Radiat. Meas.* **21**, 195 (1993).

4. E.H.Haskell, I.K.Baliff, G.N.Kenner, P.L.Kaira, M.E.Wrenn, *Health Physics*. **66**, (1994).
5. L.Botter-Jensen, H.Jungner and N.Poolton, *Radiat. Measur.* **24**, 525 (1995).
6. V.Mejdahl, *Archaeometry*, **21**, 61 (1979).
7. В.М.Волоський, С.В.Шолом, В.В.Чумак, в: *Гигиена населенных мест* (Полимер, Киев, 2000), **36**, 489.

ENHANCEMENT OF SENSITIVITY OF RETROSPECTIVE THERMOLUMINESCENT DOSIMETRY METHOD ON THE BASE OF QUARTZ

V.Voloskiy, S.Sholom, V.Chumak

Radiation Protection Institute, Acad. Techn. Sci. of Ukraine,
Melnikova st., 53, Kyiv, 04050

Retrospective TL dosimetry technique on quartz has been modified. Being applied to populated settlements this technique allows to measure dose as low as few dozens of mGy. The accidental doses of nearly 50 settlements contaminated after Chornobyl accident have been reconstructed using the technique. The proposed retrospective dosimetry technique can be used to verify the computation methods and models.