

The objective of this study was to evaluate hygienic effect of radioactively non-polluted foods provision to internal irradiation levels of the inhabitants of contaminated areas of Rivne oblast.

Materials and methods of the research. The hygienic evaluation of irradiation doses from two sources was carried out. The levels of expected and accumulated irradiation doses were evaluated regarding the results of their reconstruction and regional sanitary-epidemiological station estimation. There were also analyzed the data of internal irradiation dose measurements made by regional sanitary-epidemiological station. The data were determined by using special program apparatus for complex spectrometry of internal human irradiation the M-3 "Screener». The analysis of consuming locally produced foods by the population of Rivne oblast was conducted by questioning according to our questionnaire.

Results of the research. It is shown that the largest number of persons with exceeded national level of internal irradiation dose was observed up to 2000. Since 2000 the number of persons with excess dose has been reduced. However, since 2008 there starts increasing the number of persons with excess dose. This is because the internal irradiation dose of the rural population is mainly accumulated by consuming locally produced foods, especially milk. The results of the questionnaire indicate a lack of radiological protection measures. Immediately after the catastrophe and all following years the majority of the local population has no information on the levels of radionuclide contamination of foods. 83.3% of the population had used radioactively contaminated milk immediately after the catastrophe and 96.2% of the local population had used it in the following years. According to the respondents, providing radioactively non-polluted foods was very unsatisfactory. And 99.5% of the inhabitants of Rivne oblast consider that a monthly pecuniary aid, which was to be paid because of limited locally produced food consumption and small holdings, is insufficient. In 2012 it resulted in increasing the number of persons whose internal irradiation dose exceeded 1 mSv per year.

УДК 614.876;612.014

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО РАДІАЦІЙНО-ГІГІЄНІЧНОЇ ОЦІНКИ ВМІСТУ ПРИРОДНИХ РАДІОНУКЛІДІВ У ЗАЛИШКАХ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

Аксьонов М.В.

ДУ "Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України", м. Київ

Вступ. Усі види діяльності, в результаті яких створюються умови опромінення людини природними радіонуклідами (ПРН), обумовлюють масове та хронічне опромінення персоналу та населення навіть при низьких рівнях радіаційного впливу. За даними НКДАР ООН, на частку ПРН припадає близько 70% колективної дози опромінення всього населення Землі [1]. При цьому серед природних джерел іонізуючого випромінювання основним дозоформуєчим фактором для людини є техногенно-підсилені джерела природного походження (ТПДПП), які утворюються в результаті господарської та виробничої діяльності людини. Серед ТПДПП особливе місце займають ПРН, що входять

до групи розпаду уранового та торієвого рядів, а також калій-40 (^{40}K) [1-4].

Відомо, що Україна отримала у спадок від минулих часів безліч екологічних проблем. Крім радіаційної аварії на Чорнобильській АЕС, особливо серйозної шкоди довкіллю та економіці країни завдають відкриті для доступу населення неконтрольовані та у вигляді звалищ відходи (залишки) з підвищеним вмістом ПРН, які накопичились і продовжують накопичуватися в результаті діяльності підприємств, що пов'язана з видобутком та переробкою корисних копалин, виробництвом мінеральних добрив та фосфоритів, переробкою залізної руди (відходи

заводів), а також золами теплових електростанцій тощо [5].

Неконтрольованість звалищ відходів призводить до розповсюдження довгоіснуючих ПРН у навколишньому середовищі природним шляхом: вимиванням з дощами, розвіюванням у сухі періоди року тощо. При цьому альфа-активні радіонукліди, які присутні в уранових і торієвому рядах, потрапляють в атмосферу в дрібнодисперсній формі і можуть при інгаляційному надходженні в організм людини накопичуватись у легенях.

Використання населенням таких відходів для підсіпок та фундаментів при індивідуальному будівництві, яке, як правило, здійснюється неконтрольовано, призводить до підвищеного рівня гамма-фону всередині будівель. Використання золи (відходів діяльності ТЕС) як добрива при вирощуванні сільськогосподарської продукції також призводить до додаткового опромінення населення. До зони підвищеного ризику відносяться села та приватний сектор міст, які розташовуються неподалік від відвалів з підвищеним вмістом ПРН промислових підприємств [6].

Таким чином, в умовах дії опромінення за рахунок контакту з цими залишками

знаходяться сотні тисяч людей (з урахуванням впливу неконтрольованого розповсюдження радіонуклідів у навколишньому середовищі).

З урахуванням вищевикладеного стає очевидною необхідність та **актуальність** проведення радіаційно-гігієнічного моніторингу вмісту ПРН (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) у залишках діяльності підприємств з метою контролю надходження цих радіоактивних речовин в навколишнє середовище, будівлі та в організм людини. За результатами такого моніторингу визначаються дози додаткового опромінення населення, які слугують основою оцінок ризику здоров'ю від радіаційного фактора.

У системі радіаційно-гігієнічного моніторингу вимірювання повинні здійснюватись на основі принципу забезпечення гарантій надійності одержуваних результатів (гарантій якості) вимірювань. В загальному вигляді система якості – це сукупність організаційної структури, процедур, процесів та ресурсів, необхідних для забезпечення якості вимірювань. Основні складові елементи системи гарантій якості вимірювань наведено на рисунку 1.

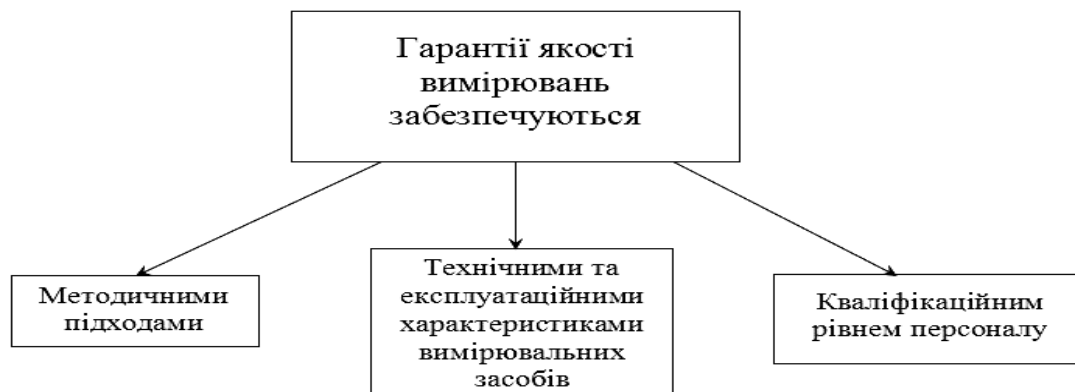


Рисунок 1. Структурна схема системи гарантій якості вимірювань.

Якість одержаного результату вимірювань визначається ретельним дотриманням певних процедур на всіх етапах дослідження – починаючи з процесу підготовки до вимірювань і закінчуючи математичною обробкою експериментальних даних та занесенням їх в локальну базу даних.

Метою даної роботи є визначення методичних підходів до проведення вимірювань вмісту ПРН у залишках діяльності підприємств як основної ланки забезпечення гарантій якості вимірювань.

Методичні аспекти проведення вимірювання питомої активності ПРН у пробах залишків діяльності підприємств.

Моніторинг за вмістом ПРН у залишках діяльності підприємств включає визначення величини питомої активності ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K із застосуванням різних методів вимірювань: радіохімічного, радіометричного, гамма-спектрометричного тощо. Серед названих методів гамма-спектрометричний є найменш трудомістким (наприклад, не потребує озолення проб тощо) та найбільш оперативним [7].

Гамма-спектрометричні дослідження можуть проводитися двома методами: експресним і лабораторним.

Експресний метод призначений для попередньої приблизної оцінки вмісту ПРН у залишках промислового виробництва безпосередньо за їх місцезнаходженням. При використанні експрес методу можуть застосовуватися гамма-радіометри (наприклад, РУГ-91М) або портативні гамма-спектрометри.

Лабораторний метод призначений для більш якісного аналізу, а також для уточнення попередніх результатів щодо вмісту ПРН, одержаних експресним методом. Використання лабораторного методу має на увазі застосування при вимірюванні зразків стаціонарного багатоканального гамма-спектрометра з виконанням цілого комплексу заходів, які включають відбір зразків, доставку їх у лабораторію, підготовку проб та саме проведення вимірювань питомої активності і обробку результатів, що потребує тривалого часу і значних коштів.

Для оперативної оцінки вмісту ПРН найбільш доцільним є застосування експресного гамма-спектрометричного методу з використанням портативного приладу.

Найбільш універсальними для одночасного вимірювання великої кількості радіонуклідів є гамма-спектрометри з напівпровідниковими детекторами, які характеризуються високою роздільною здатністю. Також широко застосовуються сцинтиляційні детектори, які мають високу ефективність реєстрації гамма-випромінювання.

Для здійснення радіаційно-гігієнічного моніторингу у залежності від конкретних задач необхідно здійснити вибір певного вимірювального засобу та відповідної методології проведення вимірювань, які найкраще посприяють підвищенню точності та надійності отриманих результатів.

Проведення вимірювань та розрахунок питомої активності ПРН з використанням портативної спектрометричної системи.

Для вимірювання невеликої кількості ПРН (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) у зразках залишків промислового виробництва було вибрано порівняно недорого портативну спектрометричну систему з неорганічним сцинтиляційним детектором NaI (Tl).

До складу портативної гамма-спектрометричної системи входять: блок детектування з сцинтиляційним монокристалом (детектором) NaI (Tl) (модель 3НЗ фірми Bicron), багатоканальний аналізатор (типу 7500 фірми ORTEC), портативний захист блока детектування від впливу зовнішнього гамма-випромінювання. Діапазон вимірювання спектра енергії гамма-випромінювання складає від 100 кеВ до 3000 кеВ.

Калібровка гамма-спектрометра за ефективністю реєстрації проводиться за допомогою гамма-об'ємних (сипких) джерел спеціального призначення з набором радіонуклідів ^{226}Ra , ^{232}Th та ^{40}K відомої активності.

Через те, що найнижча межа детектування досягається за допомогою 4π геометрії, коли детектор з усіх боків оточений досліджуваною речовиною зразка, використовується як вимірювальна ємність контейнер типу Маріселлі об'ємом 1 дм^3 .

Для вимірювання ^{226}Ra використовується гамма-лінія з енергією 1,765 МеВ (належить ^{214}Bi з квантовим виходом 15,4%), для ^{232}Th – гамма-лінія 2,614 МеВ, яка належить ^{208}Tl (квантовий вихід 35,7%) та для ^{40}K – гамма-лінія 1,46 МеВ (квантовий вихід 10,7%) [8].

Мінімально детектована активність методу при вимірюванні у контейнері типу Маріселлі ємністю 1 дм^3 складає для ^{226}Ra $5 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, ^{232}Th – $4 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$, ^{40}K – $10 \text{ Бк}\cdot\text{кг}^{-1}$.

Величина питомої активності ПРН у залишках виробничої діяльності визначається порівнянням швидкості підрахунку імпульсів у калібровочній та досліджуваній пробі у фіксованих енергетичних інтервалах. Межі цих інтервалів для сцинтиляційного детектора NaI (Tl) з енергетичною роздільною здатністю 9,9-10,5% знаходяться на ділянках, які містять піки повного поглинання для ^{226}Ra –

1,69-1,94 MeV, ^{232}Th – 2,45–2,75 MeV, ^{40}K – Далі розраховуються градувальні коефіцієнти K_i та відносні внески B_{ij} :
1,40-1,54 MeV [9].

Для відповідних інтервалів підраховується кількість зареєстрованих імпульсів.

$$K_i = \frac{A_{0i}}{n_i - n_{i\phi}}, \quad (1)$$

де A_{0i} – активність i -го нукліда в градувальному зразку, Бк;

n_i – швидкість підрахунку імпульсів у піку повного поглинання енергії гамма-випромінювання від i -го зразка, імп·с⁻¹;

$n_{i\phi}$ – швидкість підрахунку імпульсів фону у піку повного поглинання, імп·с⁻¹.

$$B_{ij} = \frac{n_{ij} - n_{j\phi}}{n_i - n_{i\phi}}, \quad (2)$$

де n_{ij} – швидкість підрахунку імпульсів від градувального зразка i -го нукліда у піку повного поглинання енергії гамма-випромінювання від j -го зразка, імп·с⁻¹.

З фонового спектра розраховуються мінімальні значення активності, які можна виміряти за певною гамма-лінією нукліда:

$$A_{\min}(t_\phi) = \frac{200 \cdot \sqrt{n_{i\phi}}}{\varepsilon(E_i) \cdot t_\phi \cdot I_i}, \quad (3)$$

де I_i – абсолютна інтенсивність i -ої лінії радіонукліда, %;

ε_i – ефективність спектрометра для заданої геометрії та енергії E_i ;

t_ϕ – час вимірювання фону, с.

Мінімальне значення активності, яке можна виміряти за час t , розраховується за формулою:

$$A_{\min}(t) = A_{\min}(t_\phi) \cdot \sqrt{\frac{t_\phi}{t}}. \quad (4)$$

Для визначення вмісту ПРН у залишках зразок розміщується у контейнері Марі-неллі, встановлюється на детектор і вимірюється впродовж не менше 20 хвилин. Питомі

активності ПРН розраховуються за площами під піками повного поглинання гамма-випромінювання за формулами:

$$\left. \begin{aligned} A_{Th} &= \frac{(n_1 - n_{1\phi})K_1}{P} = \frac{n_{01}K_1}{P}; \\ A_{Ra} &= \frac{[n_2 - n_{2\phi} - B_{12}(n_1 - n_{1\phi})]K_2}{P} = \frac{n_{02}K_2}{P}; \\ A_K &= \frac{\{n_3 - n_{3\phi} - B_{13}(n_1 - n_{1\phi}) - B_{23}[n_2 - n_{2\phi} - B_{12}(n_1 - n_{1\phi})]\}K_3}{P} = \frac{n_{03}K_3}{P} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де n_{oi} – швидкість підрахунку імпульсів від проби у піку повного поглинання енергії гамма-випромінювання i -го радіонукліда;

P – маса проби, кг.

Відносні похибки вимірювань активностей визначаються за наступними формулами:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{Th} &= \frac{\sqrt{n_1 + n_{1\phi}}}{n_{01} \sqrt{t}} = \frac{\sqrt{n_{01} + 2 \cdot n_{1\phi}}}{n_{01} \sqrt{t}}; \\ \delta_{Ra} &= \frac{\sqrt{n_2 + n_{2\phi} + B_{12}^2 (n_1 + n_{1\phi})}}{n_{02} \sqrt{t}}; \\ \delta_K &= \frac{\sqrt{n_3 + n_{3\phi} + B_{23}^2 (n_2 + n_{2\phi}) + (B_{13} - B_{23} \cdot B_{12})^2 \cdot (n_1 - n_{1\phi})}}{n_{03} \sqrt{t}} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де t – час вимірювань досліджуваного зразка та фону ($t = t_\phi$), відповідно, с.

Висновок

Для вимірювань залишків діяльності підприємств з підвищеним вмістом ПРН на місцях розташування звалищ найбільш доцільним є застосування експресного методу з використанням портативного гамма-спектрометра зі скінциліяційним детектором NaI (ТІ).

Для рішення конкретних задач необхідно здійснювати вибір оптимального вимірювального приладу та відповідної методології проведення вимірювань, що забезпечує гарантію якості результатів вимірювань.

ЛІТЕРАТУРА

1. UNSCEAR 2000. Effects of Radiation on the Environment: Report to the General Assembly with Scientific Annex / United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. – New York : UN, – 2000. – 842 p.
2. Оценка профессионального облучения вследствие поступления радионуклидов : руководство по безопасности // Серия норм МАГАТЭ по безопасности, №RS-G-1.2. – Вена : МАГАТЭ, – 1999. – 87 с.
3. ICRP Publication 82 Protection of the public in situations of prolonged radiation exposure. – Oxford: Pergamon Press, – 2000. – 109 p. – (Annals of the ICRP V. 29/1-2, 2000).
4. Лось И.П. Ограничение облучения техногенно-усиленными источниками природного происхождения / И.П. Лось, Т.А. Павленко // Довкілля та здоров'я. – 2003. – №1 (24). – С. 49-54.
5. Лось И.П. Проблемы пролонгированного облучения населения в промышленных регионах Украины / И.П. Лось, Ю.Н. Сорока, В.Ю. Корнев и др. // Гігієна насел. місць. – 2004. – №43. – С. 303-307.
6. Сорока Ю.Н. Современные подходы к гигиеническому регламентированию обращения с минеральным сырьем, материалами и отходами, которые содержат техногенно-усиленные источники естественного происхождения / Ю.Н. Сорока, И.П. Лось, М.Г. Бузынный и др. // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення : Зб. наук. статей. II-ї Міжнар. наук.-практ. конф. У 2-х т. Т. II (Алушта, АР Крим, 11-15 вересня 2006 р.) / УкрНДІЕП. - Х. : Райдер, – 2006. – С. 53-58.
7. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / под ред. А.И. Мареев, А.С. Зыковой. – М. : МЗ СССР, – 1980.
8. Бешейко О.А. Исследование возможности гамма-спектрометрии углей в полевых условиях / О.А. Бешейко, С.А. Карпенко, И.А. Малюк и др. // Ядерна фізика та енергетика – 2009. – Т.10, – №1. – С. 92-99.
9. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. – М. : Энергоатомиздат, – 1989. – 118 с.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАДИАЦИОННО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ
СОДЕРЖАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ
В ОСТАТКАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Аксёнов Н.В.

Представлены подходы к методологии проведения измерений содержания ЕРН в остатках деятельности предприятий с использованием портативной гамма-спектрометрической системы с целью радиационно-гигиенического мониторинга. Для решения конкретных задач необходимо осуществлять выбор оптимального измерительного прибора и соответствующей методологии проведения измерений, что обеспечивает гарантию качества результатов измерений.

**TECHNICAL APPROACHES FOR RADIATION AND HYGIENIC ASSESSMENT
OF CONTENT OF NATURALLY OCCURRING RADIOACTIVE MATERIAL
IN RESIDUES OF ENTERPRISES ACTIVITY**

N.V. Aksenov

Approaches for methodology of measurements of NORM content in residues of enterprises activity using portable gamma-ray spectrometric system for the purpose of radiation and hygienic monitoring are represented. For specific problem solving, selection of optimal measuring device and appropriate methodology of measurements is necessary to provide quality assurance of measurement data.

УДК 613.648.4:614.876:621.039.58

**ОЦІНКА МЕШКАНЦЯМИ МІСТА КИЄВА ТА КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ
НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ ТА ПЕРСПЕКТИВ
БУДІВНИЦТВА НОВИХ БЛОКІВ АЕС В УКРАЇНІ**

Тарасюк О.Є., Шабуніна Н.Д., Біляєв Є.О., Семенюк Н.Д., Власюк Н.В.

ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ

Незважаючи на те, що минуло 27 років після аварії на ЧАЕС, психотравмуючий вплив Чорнобильської катастрофи на життя і свідомість населення України залишається довгостроковим стресогенним чинником. В роботах російських авторів існує окреме поняття «радіотривожність» для пояснення такого стану. Радіотривожність визначається як особливий емоційний і психологічний стан людини, при якому суб'єктивно завищується небезпека для здоров'я реально існуючого підвищеного ризику за умови додаткового радіаційного впливу [1]. Високий рівень радіо тривожності дотепер залишається значимим соціально-психологічним наслідком для населення, що проживає на територіях аварійного радіоактивного забруднення.

В Київській області згідно з діючим законодавством в 1991-1995 роках до зон радіоактивного забруднення віднесено території 560 населених пунктів, в т.ч. 438 населених пунктів включено до зони посиленого радіоекологічного контролю [2]. Однак, на сьогодні, згідно з консервативними оцінками, в області є лише 113 населених пунктів, які за матеріалами моніторингу 2003-2006 років згідно з дозовими критеріями чинного законодавства можуть бути віднесені до зон радіоактивного забруднення. Тільки в 24 з них проживають люди (III-IV зони радіоактивного забруднення). Але статус області як «постраждалої», негативне сприйняття «радіоактивно забрудненої території» щодо можливості безпечного проживання підтримує