

Лекція 3. Методи виявлення радіоактивного забруднення, обладнання контрольних лабораторій, методики аналізу

Методики аналізу зазначені в **Методичні вказівки "Відбір проб, первинна обробка та визначення вмісту ^{90}Sr та ^{137}Cs в харчових продуктах"** ЗАТВ. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 11 серпня 2008 р. N 446 (див. Практичну роботу № 3).

Апаратура для дозиметричних і радіометричних досліджень

Для якісного та кількісного аналізу складу випромінювання, а також радіонуклідного складу розроблено цілий сектор приладів. Залежно від способу застосування і методу реєстрації даних прилади можна класифікувати як:

гамма-спектрометри; бета-спектрометри; альфа-спектрометри; спектрометри вимірювання людини СВЛ; радіометри; дозиметри; радіометри радону.

α , β , γ -спектрометри застосовують для визначення якісного і кількісного аналізу α , β , γ -випромінювань радіонуклідів, відповідно, в об'єктах навколишнього середовища, продукції сільського і лісового господарства, продуктах харчування, будівельних матеріалів тощо. Ці аналізатори складаються з відповідного детектора, блока формування електричних сигналів від детектора, багатоканального аналізатора і обчислювального приладу.

Сьогодні на Україні випускається понад двадцять дозиметричних приладів різного функціонального призначення. Однак найбільш використовуються такі дозиметри-радіометри, що відповідають вимогам щодо радіологічного контролю:

- дозиметр ДГР-01Т призначений для вимірювання потужності експозиційної дози рентгенівського і гамма-випромінювання;
- дозиметр «Бета» дає змогу вимірювати густину потоку бета-випромінювання і питому активність речовини;
- дозиметр «Прип'ять» застосовується для вимірювання щільності експозиційної дози гамма-випромінювання, густини потоку і питомої активності бета-випромінювання.

Технічні характеристики цих дозиметричних приладів здебільшого збігаються, однак дозиметр «Прип'ять» має найширшу сферу використання під час проведення радіологічного контролю завдяки одночасній можливості вимірювати як гамма- та бета-випромінювання, так і рівень радіоактивного забруднення природного середовища, будівель, продуктів харчування тощо.

Дозиметр «Прип'ять» призначений для індивідуального або колективного використання під час вимірювання: а) еквівалентної експозиційної дози гамма-випромінювання; б) густини потоку бета-випромінювання; в) чистоти земної поверхні, ґрунту, житла, продуктів харчування, одягу тощо; г) рівнів сумарного радіоактивного забруднення довкілля. Дозиметр портативний, вагою 250-300 г, невимогливий в експлуатації, живиться батарейками типу «Корунд» напругою 9 В або від електромережі.

Побутові дозиметричні прилади та робота з ними.

Для виявлення і виміру іонізуючих випромінювань радіоактивних речовин використовуються дозиметричні прибори-рентгенометри, радіометри-рентгенометри, індикатори, індивідуальні дозиметри. За своїм призначенням поділяються на прибори для формувань цивільного захисту і побутові для використання населенням. Частина приладів може бути подвійного призначення як для формувань цивільного захисту так і для населення.

Дозиметр ДБГ-06Т призначається для виміру потужності експозиційної дози гамма-випромінювання на робочих місцях, в сусідніх приміщеннях і на території об'єктів, що використовують радіоактивні речовини і інші джерела іонізуючих випромінювань, в

санітарно-захисній зоні і зоні спостереження. Може використовуватися для контролю ефективності біологічного захисту, радіаційних упаковок і радіоактивних відходів, а також виміру потужності експозиційної дози в період виникнення, протікання і ліквідації наслідків аварійних ситуацій. Окрім того, можливо використання населенням для самостійної оцінки радіаційної обстановки. Забезпечує вимір потужності експозиційної дози в режимах “Пошук” (від 1,0 мкЗв/г до 999,9 мкЗв/г) і “Вимір” (0,1 мкЗв/г до 99,99 мкЗв/г). Час встановлення робочого режиму до 40 секунд. Живлення приладу від елемента типу “Корунд” або акумулятора 7Д-0,115, що забезпечує безперервну роботу на протязі 24 годин. Маса приладу – 0,6 кг.

Радіометр бета-гамма випромінювання “Прип’ять” призначається для індивідуального і колективного користування при вимірі потужності еквівалентної (експозиційної) дози гамма-випромінювання, щільності потоку бета-випромінювання і об’ємної (питомої) активності в рідких і сипучих речовинах. Діапазони виміру для: фотонного іонізуючого випромінювання – від 0,1 до 199,9 мкЗв/г; щільності потоку бета-випромінювання – від 10 до $19,9 \cdot 10^3$ см⁻²·хв; питомої (об’ємної) активності бета-випромінювання ізотопів в рідких і сипучих речовинах – від $1,4 \cdot 10^{-5}$ до $3,7 \cdot 10^{-3}$ Бк/кг (Бк/л) або $2 \cdot 10^{-5}$ - $1,1 \cdot 10^{-7}$ Кі/кг (Кі/л). Час встановлення робочого режиму до 5 с, а час встановлення показників за вибором оператора – 20 с; 200 с при виміру ПЕД і щільності бета-часток; 10 хв. і 100 хв. при виміру питомої активності. Живлення приладу від елемента типу “Крона” або “Корунд”, а також зовнішнього джерела напругою від 4 до 12 В. Час безперервної роботи від мережі змінного струму не менше 24 години. При автономному живленні не більше 6 годин. Маса приладу – 0,25 кг.

Дозиметр-радіометр побутовий АНРИ-01 “Сосна” призначається для індивідуального користування населенням з метою контролю радіаційної обстановки на місцевості, в жилих і робочих приміщеннях. Діапазони виміру: потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) від 0,01 до 9,999 мР/г; польової еквівалентної дози (ЕД) гамма-випромінювання від 0,1 до 99,99 мкЗв/г. Час виміру до 20 с. Живлення приладу від елемента типу “Корунд”, що забезпечує безперервність роботи протягом 6 годин. Маса приладу-0,35 кг.

Дозиметр побутовий “Мастер-1” відповідає призначенню дозиметру “Сосна”. Діапазон виміру: потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) від 10 до 999 мкР/г; польової еквівалентної дози (ЕД) гамма-випромінювання від 0,1 до 0,999 мкЗв/г. Час виміру до 36 с. Живлення приладу від 4 елементів СЦ-32 або МЦ-0070. Маса приладу-0,1 кг. Індикатор зовнішнього гамма-випромінювання “БЕЛЛА” призначається для виявлення і оцінки за допомогою звукової сигналізації інтенсивності гамма-випромінювання, а також визначення рівня потужності еквівалентної дози за цифровим табло. Діапазон виміру потужності еквівалентної дози (ПЕД) від 0,2 до 99,99 мкЗв/г. Час на встановлення робочого режиму не більше 10 с. Живлення приладу від елементів типу “Корунд” забезпечує безперервність роботи до 20 годин. Маса приладу 0,25 кг.

На сьогодні існує багато приборів, які можливо використовувати населенням у якості побутових, але при користуванні ними необхідно бути уважними з сучасними одиницями виміру.

Питому активність радіонуклідів у харчових продуктах у сумарній кількості можна виражати в одиницях кюрі (Кі).

1 Кі – це одиниця активності радіоактивних речовин, що означає активність препарату певного ізотопу, в якому за 1 сек. утворюється $3,7 \times 10^{10}$ актів розпаду. Похідними одиницями є

- мілікюрі (1 мКі = 1×10^{-3} Кі),
- мікрокюрі (1 мкКі = 1×10^{-6} Кі),
- нанокюрі (1 нКі = 1×10^{-9} Кі),
- пікокюрі (1 пКі = 1×10^{-12} Кі),

кілокюрі ($1 \text{ кКі} = 1 \times 10^3 \text{ Кі}$),
мегаюрі ($1 \text{ МКі} = 1 \times 10^6 \text{ Кі}$).

За Міжнародною системою одиниць (Сі) радіоактивність визначають у беккерелях (Бк). 1 Бк – це активність такої кількості радіоактивних речовин, у якій за 1 сек. утворюється один ядерний розпад, або 0,027 нКі.

З урахуванням фактичного споживання продуктів, води та індивідуальних особливостей у складі раціону дорослих і дітей добовий рівень активності радіоактивних речовин становить $2,5\text{-}3,5 \times 10^{-7} \text{ Кі}$ на 1 добу, що відповідає середній розрахунковій граничній кількості добового надходження активності $3,0 \times 10^{-7} \text{ Кі}$ ($1,1 \times 10^{-5} \text{ Кі}$ на рік) або річній дозі - 5 бер.

1 бер – енергія будь-якого виду випромінювання, увібрана 1 г тканини, при якій спостерігається той самий біологічний ефект, що і при поглиненій дозі в 1 рад фотонного випромінювання.

1 рад дорівнює 0,01 Дж/кг. Використовують також похідні (дробні) одиниці:

мілібер (мбер), $1 \text{ мбер} = 1 \times 10^{-3} \text{ бер}$;

мікробер (мкбер), $1 \text{ мкбер} = 1 \times 10^{-6} \text{ бер}$;

нанобер (нбер), $1 \text{ нбер} = 1 \times 10^{-9} \text{ бер}$.

В одиницях СІ використовується зіверт (Зв), $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$.

Державний гігієнічний норматив (ДР-97) регламентує вміст радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у питній воді та продуктах харчування, що реалізуються на території України. При розробці ДР-97 в якості критичних були прийняті групи дорослих осіб (в розрахунках по ^{137}Cs) та дітей і підлітків віком 12-17 років (в розрахунках по ^{90}Sr) із референтним харчовим раціоном, типовим для мешканців України, і вмістом радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у всіх продуктах, що споживаються, на рівні ДР-97. При цьому була врахована вікова залежність споживання продуктів харчування, а також використані такі принципи розрахунку та використання значень допустимих рівнів ^{137}Cs та ^{90}Sr в продуктах харчування:

1. Значення допустимих рівнів мають забезпечити неперевищення границі річної ефективної очікуваної дози опромінення населення 1 мЗв за рахунок внутрішнього опромінення окремо від радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr , що надходять протягом року в організм з продуктами харчування та питною водою.

2. Умовам п.1 відповідає активність добового раціону 210 Бк/добу для ^{137}Cs та 35 Бк/добу для ^{90}Sr . Наведені величини використовуються виключно для розрахунків значень допустимих рівнів і не є предметом гігієнічного регламентування в рамках ДР-97.

3. У розрахунках прийнятий референтний склад середньорічного добового раціону дорослої особи, кг:

М'ясо і м'ясні продукти в перерахунку на м'ясо	0,186
Молоко і молочні продукти в перерахунку на молоко	1,022
Яйця, шт.	0,745
Риба	0,048
Картопля	0,359
Овочі	0,279
Фрукти	0,129
Хліб	0,386
Разом	2,410

4. Розрахунки допустимих рівнів для кожного з продуктів проведені з урахуванням його відносної ролі у постачанні певного радіонукліда в організм на підставі

статистичного аналізу даних про вміст радіонуклідів у продуктах харчування в різних місцевостях.

5. Продукт (крім спеціальних продуктів дитячого харчування) вважається придатним до реалізації і споживання, якщо виконується співвідношення:

$$\frac{C_{Cs}}{ДР_{Cs}} + \frac{C_{Sr}}{ДР_{Sr}} \leq 1$$

де C_{Cs} і C_{Sr} - результат вимірів питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у даному харчовому продукті;

$ДР_{Cs}$ і $ДР_{Sr}$ – нормативи вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr для даного харчового продукту, Бк/кг, Бк/л:

Допустимі рівні вмісту радіонуклідів у воді, молоці визначають у Бк на 1 л, в інших продуктах - у Бк на 1 кг. У випадку, якщо:

$$\frac{C_{Cs}}{ДР_{Cs}} + \frac{C_{Sr}}{ДР_{Sr}} > 1$$

реалізація продукту заборонена.

6. Спеціальні продукти дитячого харчування придатні до реалізації і споживання, якщо питомі активності радіонуклідів окремо ^{137}Cs та ^{90}Sr у даному продукті не перевищують нормативів, зазначених вище.

Контроль вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr у харчових продуктах і питній воді проводиться на основі діючих стандартів, методичних вказівок, узгоджених з Головним державним санітарним лікарем України.

Радіологічний контроль продукції тваринного та рослинного походження здійснюється в колективних сільськогосподарських підприємствах і на підприємствах харчової промисловості (м'ясокомбінатах, молокозаводах) при передачі сировини на переробку або зберіганні, а також на ринках.

Продукти, які містять радіонукліди в межах норм, встановлених Головним державним санітарним лікарем України, можна реалізувати споживачам. У разі завищення норм, питання про використання кожної партії товару вирішують після погодження з Міністерством охорони здоров'я України.

Ветеринарно-санітарну експертизу на ринках слід проводити з обов'язковим урахуванням результатів радіометричних вимірювань, що здійснюється в типових лабораторіях ветсанекспертизи і агропрому, обладнаних дозиметричними і радіометричними приладами.

Усі види продукції підлягають обов'язковому радіометричному контролю в лабораторії, і якщо вміст радіонуклідів у межах встановлених норм, то вона видає дозвіл на їх продаж.