

6. Лабораторна робота 6

Іонізуюче випромінювання. Дозиметрія

Мета роботи: вивчити особливості фізики атомів і молекул в біологічній природі. Випромінювання і поглинання енергії. Лазери в медицині. Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР) в біології ЯМР-інтроскопія. Рентгенівські випромінювання. Рентгенодіагностика. Дозиметрія. Принципи побудови дозиметричних приладів. Радіометр бета-гамма випромінювання «Прип'ять РКС-20.03».

6.1. Теоретична частина.

Вплив іонізуючого випромінювання на організм.

Іонізація і порушення молекул, викликані дією іонізуючої радіації, приводять до хімічних змін у них, тобто до радіаційних ушкоджень. Сила радіаційного ураження молекули обумовлена безпосереднім влученням у квант, це говорить про пряму дію випромінювання; якщо ж взаємодією з радіаційними продуктами, це - про непряму дію випромінювання.

Ураження клітин викликаються в основному ушкодженнями молекул білків, нуклеїнових кислот, ліпідів, що знаходяться у водяній фазі. Тому що кількість молекул води набагато перевищує кількість розчинених у ній молекул, це радіаційні ушкодження біологічних молекул найчастіше викликаються їхньою взаємодією з продуктами радіолізу води, у ході якого утворюються сольватировані електрони і вільні радикали.

У нуклеїнових кислотах під дією іонізуючого випромінювання відбуваються зміни як в окремих нуклеотидах (наприклад, розмикання піримідинового чи імідазольного кілець, дезамінування аденіну, гуаніну і цитозину, окислювання спиртових груп і розриви вуглець-вуглецевих зв'язків у дезоксирибозі), так і в спіральній структурі (одно- і двухниткові розриви

ланцюгів ДНК, зшивки між нуклеотидами однієї чи різних ланцюгів, зшивки ДНК - білок).

6.2 Іонізуюче випромінювання в медицині.

Рентгенівське випромінювання широко застосовуються в медичній діагностиці для інтроскопії організму. Найбільш відомим з інтероскопічних методів є рентгенодіагностика, що розділяється на рентгеноскопію (зображення розглядається на люмінесцентному екрані) і рентгенографію (зображення фіксується на фотоплівці). Для одержання більш яскравого зображення потрібно посилення інтенсивності рентгенівського опромінення, що негативно позначається на здоров'ї пацієнта. Тому в рентгенології використовується цілий ряд технічних засобів для поліпшення якості зображення при малій інтенсивності опромінення.

Для того щоб досліджуваний орган, чи група органів була чітко відображена на рентгенограмі, необхідно, щоб його коефіцієнт поглинання рентгенівських променів відрізнявся від коефіцієнтів поглинання інших тканин. Для діагностичних цілей звичайно застосовується випромінювання $\lambda = (1.. .2) \cdot 10^{-11}$ м, для якого масовий коефіцієнт ослаблення визначається по формулі:

$$\mu_m = k \lambda^3 Z^3 \quad (6.1)$$

де k - коефіцієнт пропорційності; Z - заряд ядра речовини поглинача.

Останнім часом одержав широке поширення метод комп'ютерної томографії, що дозволяє за допомогою просвічування вузькими рентгенівськими променями одержувати зображення не цілого обсягу тканини, а тільки її вузьких шарів товщиною 3..5 мм. Цей метод володіє значно більш високою чутливістю в порівнянні з традиційними рентгенодіагностичними методами, тому що дозволяє визначити розходження в поглинанні випромінювання тканиною до 0,1 %

Рентгено- і γ - терапію широко використовують для лікування онкологічних захворювань. В основі методу лежить той факт, що найбільшою чутливістю до опромінення володіють клітки, що активно діляються. Тому дія

іонізуючого випромінювання викликає переважну загибель саме ракових кліток.

6.3. Радіометр бета-гама випромінювання

РКС-20.03 "ПРИП'ЯТЬ".

Радіометр призначений для контролю радіаційної обстановки в місцях проживання, перебування і роботи населення. За допомогою радіометра можна вимірювати :

величину зовнішнього гамма - фону; забруднення радіоактивними речовинами житлових і виробничих приміщень, будинків і споруджень, предметів побуту, одягу, прилягаючої території, поверхні ґрунту, транспортних засобів; зміст радіоактивних речовин у продуктах харчування.

Діапазон вимірів потужності експозиційної дози гамма-випромінювання від 0,01 до 20,00 мР/год і потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання від 0,1 до 200,0 мкЗв/год.

Діапазон вимірів щільності потоку бета-випромінювання від 10 до 20,00- 10^3 (част/хв·см²)

Діапазон вимірів питомої активності від $1 \cdot 10^{-7}$ до $2 \cdot 10^{-5}$ Ки/кг.

Межі основної відносної похибки, що допускається, $\pm 25\%$.

Енергетична залежність у діапазоні енергій гамма випромінювання, що реєструється, від 0,05 до 0,66 ЕВ $\pm 25\%$, у діапазоні енергій від 0,66 до 3,0 ЕВ (+40 -25%)

Межі додаткової похибки, що допускається, напруги живлення від границь діапазону (8,0 \pm 0,8) в діапазоні від 4,7 до 12В, не більше 10%.

Час установлення робочого режиму не більш 5с.

Час установлення показань при вимірі:

потужності дози і щільності потоку 20 чи 200 с;

питомої активності -10 чи 100 хв.

Принцип роботи радіометра

Як детектори бета - і гамма-випромінювання в радіометрів використовуються вбудовані лічильники типу СБМ-20. з появою іонізуючих чи часток гамма-квантів у газовому обсязі лічильників розвивається електричний розряд, що формує на виході електричної схеми імпульси напруги які за допомогою електронного перерахункового пристрою перетворюються в цифрову інформацію і відображаються на чотирьох розрядному рідиннокристалічному індикаторі.

Підготовка до роботи і порядок роботи з радіометром

Перед початком роботи з радіометром необхідно установити батарею живлення "Корунд" чи підключити зовнішнє джерело – блок живлення "Електроника Д2-10М".

Вимір потужності дози гамма – випромінювання:

1.Потужність дози гамма-випромінювання вимірюється при встановленій кришці-фільтрі Y. Радіометр вимірює потужність експозиційної дози в мілірентгенах за годину (мР/год) чи потужність еквівалентної дози в мікрозівртах за годину (мкЗв/год). Вибір виду вимірюваної потужності дози здійснюється перемикачем Н-Х.

2.Перед виміром потужності експозиційної дози перемикачі на передній панелі радіометра встановіть в наступні положення:

РЕЖИМ-Y;

Н-Х-Х;

ПРЕДЕЛ – нижнє положення;

ЧАС-20 с (нижнє положення)

ϕ – Ам – Ам;

3. Вмикайте радіометр, для чого перемикач ПИТАНИЕ, переведіть у положення ВКЛ. При цьому на цифровому табло повинне з'явитися чотиризначне число з комою після першої цифри.

Не менш чим через 20 с знімають показання приладу в мР/год. Наприклад, на цифровому індикаторі з'явилося число 0,114. Це означає, що потужність експозиційної дози гамма-випромінювання складає 0,114 мР/год, чи, що теж саме, 114мкР/год (мікрорентген за годину).

При вимірах малих рівнів потужності дози спостерігається значний розкид показань радіометра, викликаний статистичним характером радіоактивного розпаду. Для підвищення точності виміру необхідно при величині потужності експозиційної дози до 0,100 мР/год перемикач ЧАС перевести у верхнє положення, через 200 с і зробити зняття трьох послідовних показань і визначити середнє значення.

При вимірі потужності еквівалентної дози перемикач Н-Х перевести в положення Н і зробити зняття показань у мікросівертах у годину.

4. Якщо на цифровому індикаторі спостерігається швидке збільшення показників з'явиться сигнал переповнення, то перемикач ПРЕДЕЛ необхідно перевести у верхнє положення і через 20-30 с зняти показання.

Наприклад, на цифровому табло з'явилося число 17,52. Це означає, що потужність експозиційної дози гамма-випромінювання складає 17,52мР/год.

Якщо при верхнім положенні перемикача ПРЕДЕЛ через 30-40 с зберігається сигнал переповнення, виходить, потужність експозиційної дози перевищує 20мР/год.

5. Для оперативного пошуку на місцевості ділянок підвищеного гамма-фона рекомендується використовувати звуковий індикатор, частота сигналів якого пропорційна потужності дози гамма випромінювання.

6. Вимір радіоактивного забруднення

При вимірі радіоактивного забруднення бета-частинками необхідно пам'ятати, що газорозрядні лічильники, які використовуються в радіометрі, фіксують, гама- і бета-випромінювання. Тому, для обліку впливу гамма-фона необхідно спочатку провести виміри з закритою кришкою-фільтром на відстані 1-2 см від контрольованої поверхні, а потім зробити вимір зі знятою кришкою на тій самій відстані.

Перед виміром радіоактивного забруднення перемикачі на передній панелі радіометра треба поставити в наступні положення:

РЕЖИМ- β ;

Н-Х- любе;

ПРЕДЕЛ- нижнє положення;

ЧАС-20с (нижнє положення);

$\phi - Am - \phi$;

8 –за бажанням оператора.

Радіоактивне забруднення визначається шляхом виміру-радіометром щільності потоку бета-випромінювання при знятої кришці-фільтрі «У». Для зняття кришки-фільтра необхідно змістити фіксатор у бік від кришки і перевернути радіометр кришкою вниз.

Вимір радіоактивного забруднення на межі "нижнє положення" здійснюється в одиницях щільності потоку бета-випромінювання (частинок в хвилину на cm^2), на межі "верхнє положення" у тисячах часток за хвилину на квадратний сантиметр.

Для одержання величини радіоактивного забруднення поверхні необхідно з показань радіометра зі знятою кришкою – фільтром відняти значення показань радіометра з закритою кришкою-фільтром. Наприклад, на цифровому індикаторі при вимірі з закритою кришкою-фільтром з'явилося число 0171, а з відкритою кришкою-фільтром - 0327. Це означає, що забруднення поверхні бета-активними речовинами складає $327 - 171 = 156$ (част./хв· cm^2)

При вимірі малих значень радіоактивного забруднення і гамма-фона (менш 100 част./хв. cm^2) для підвищення точності вимірів необхідно перемикач ЧАС перевести у верхнє положення. Не менш, ніж через 200с. робити, зняти три послідовних показань і визначати середні значення. Зробити обчислення ,як зазначено вище .

Якщо на цифровому табло спостерігається швидке збільшення показань і через кілька секунд з'явиться сигнал переповнення індикуються одиниця

старшого розряду, а інші три цифри гаснуть, то перемикач ПРЕДЕЛ необхідно перевести у верхнє положення і через 30-40 с виконати вимір.

Наприклад, 12,41. Це означає, що радіоактивне забруднення бета-частинками контрольованої поверхні складає 12,41-103 (част./хв·см²) Якщо через 20-30 с після переключення перемикача ПРЕДЕЛ зберігається сигнал переповнення, значить радіоактивне забруднення перевищує 20-103 (част./хв·см²)

7. Вимір питомої активності

1. Питома активність бета-випромінюючих нуклідів, у продуктах харчування і інших пробах зовнішнього середовища вимірюється в спеціально прикладеній до прибору кюветі і при знятої кришці - фільтрі.

Одиниця вимірів питомої активності – кюрі на кілограм (Ки/кг).

2. Для виміру питомої активності необхідні виконання наступних умов:

1) рівень гамма-фона, по можливості, не повинний перевищувати 0,025 мР/год, для чого бажаний вимір проводить у закритих чистих приміщеннях з мінімальним рівнем фона;

2) при підвищених значеннях фона гамма-випромінювання місце розташування вимірюваної проби бажано екранувати (обкласти з усіх боків свинцевими чи цеглинами, сталевими листами товщиною 20-40 мм);

3) робоче місце повинне мати миюче покриття (клеюнка, поліетилен), що допускає багаторазове вологе очищення.

3. Досліджувані харчові продукти підготовляються в тім вигляді, у якому вони підлягають споживанню, тобто ретельно очищеними, вимитими, і т.д. Пробу харчового продукту необхідно подрібнювати, наприклад, на терці або в м'ясорубці, чи нарізати дрібними часточками.

4. Перемикачі на передній панелі радіометра установити в наступне положення:

РЕЖИМ- β;

ПРЕДЕЛ – нижнє положення;

ЧАС-100хв (верхнє положення);

H-X- будь яке.

$\phi - Am - Am$;

5.Встановити радіометр із вилученою кришкою-фільтром на заздалегідь підготовлену чисту кювету. Увімкніть радіометр і не менш, ніж через 10 хв, зробіть зчитування трьох послідовних значень фона й визначте середнє значення.

6.Не менш, ніж через 100 хв. зробіть зчитування трьох послідовних показань і визначите середнє значення. Для одержання величини питомої активності і проби необхідно з отриманого значення відняти середнє значення фона. Отримана різниця є обмірюваним значення модельної активності проби.

Для оперативного контролю питомої активності потрібно перемикач ЧАС перевести в нижнє положення і виміри проводити через 10 хв, при цьому трохи збільшиться погрішність виміру.

Для прискорення скидання показань між вимірами рекомендується перемикач $\phi - Am$ перевести в положення ϕ , а ЧАС – у нижнє положення. При цьому час скидання показань складає 30-40 с.

7.Якщо на цифровому індикаторі з'явиться сигнал переповнення, індикуюється одиниця старшого розряду, а інші три цифри згаснуть , тепер перемикач ПЕРЕДЕЛ необхідно перевести у верхнє положення, перемикач ЧАС -у нижнє положення. Через 10 хв зробити зчитування трьох послідовних показань і визначити середнє значення. При цих же положеннях перемикачів необхідно зробити вимір фона, відняти його з отриманих показань радіометра при вимірі питомої активності проби і помножити на показник ступеня під діапазону, рівний $1 \cdot 10^{-6}$. Наприклад, показання при вимірі проби 2,72, а при вимірі фона 0,47. Тоді активність проби складає $(2,72-0,47) \cdot 10^{-6} = 2,25 \cdot 10^{-6} \text{Ки/кг}$.

6.4. Протокол і обробка результатів вимірювання

$$\beta_1 =$$

$$\Delta\beta_1 =$$

$$\beta_2 =$$

$$\Delta\beta_2 =$$

$$\beta_3 =$$

$$\Delta\beta_3 =$$

$$\beta_{\text{cp}} =$$

$$\Delta\beta_{\text{cp}} =$$

$$\delta = (\Delta\beta_{\text{cp}} / \beta_{\text{cp}}) * 100\% =$$

$$\gamma_1 =$$

$$\gamma_2 =$$

$$\gamma_3 =$$

$$\gamma_{\text{cp}} =$$

$$\Delta\gamma_1 =$$

$$\Delta\gamma_2 =$$

$$\Delta\gamma_3 =$$

$$\Delta\gamma_{\text{cp}} =$$

$$\delta = (\Delta\gamma_{\text{cp}} / \gamma_{\text{cp}}) * 100\% =$$

Висновки по роботі

Контрольні питання.

1. Діапазони вимірювання та параметри радіометра «Прип'ять».
2. Дози випромінювання.
3. Структурна та електрична принципіальна схеми радіометра.
4. Параметри радіоактивності та способи захисту.