

Комп'ютерна томографія

Емісійна томографія

Загальні положення

Емісійна томографія (ЕТ) базується на вимірюванні випромінювань з тіла пацієнта, обумовлених радіоактивним розпадом. Тут речовину з малим періодом напіврозпаду (радіофармпрепарат, РФП) вводять в організм. Розподіл РФП, який встановився протягом деякого часу по досліджуваному органу, є характеристикою структури, яка визначається за результатами вимірювань інтенсивності іонізуючого випромінювання з організму.

Основна перевага ЕТ – можливість вивчення руху і перетворення помічених радіоактивних атомів певних речовин в організмі і тим самим діагностувати порушення метаболізму.

РФП – це радіонукліди або хімічні сполуки, в яких частину нейтральних атомів замінено радіоактивними. Хімічні властивості радіонуклідів тотожні властивостям стабільних хімічних елементів, і тому їх метаболізм в організмі однаковий, що дозволяє вивчати метаболізм відповідних стабільних речовин.

Радіоактивність – самодовільне перетворення ізотопів однієї речовини в ізотопи цієї ж речовини, яке супроводжується випромінюванням.

Ізотопи – атоми з однаковим зарядом Z і різними значеннями кількості нейтронів у ядрі N .

Фізичні основи ЕТ

X_Z^A або ${}_Z X^A$,

X - умовне позначення хімічного елемента;

Z - кількість протонів у ядрі (порядковий номер у періодичній системі);

N - кількість нейтронів у ядрі;

$A = N + Z$ - масове число.

У таблиці (наст. слайд) використано таку символіку:

e^- - електрон; e^+ - позитрон; ν_e - нейтрино; $\tilde{\nu}_e$ - антинейтрино.

Фізичні основи ЕТ

Основні типи радіоактивності, використовувані для генерування γ – квантів.

Тип радіо-активності	Зміна Z	Зміна A	Характер процесу
α – розпад	$Z - 2$	$A - 4$	Випромінювання α – частинки
β – розпад	$Z +/- 1$	A	Взаємне перетворення у ядрі протона (p) та нейтрона (n)
β^- – розпад	$Z + 1$	A	$n \rightarrow p + (e^- + \bar{\nu}_e)$
β^+ – розпад	$Z - 1$	A	$n \rightarrow p + (e^+ + \nu_e)$
Е-захоплення	$Z - 1$	A	$n + e^- \rightarrow n + \nu_e$
Спонтанний поділ	$Z - 0,5Z$	$A - 0,5A$	Поділ ядра на два уламки з однаковими масами та зарядами
Протонна радіоактивність	$Z - 1$	$A - 1$	Вилітання з ядра протона
Двопротонна радіоактивність	$Z - 2$	$A - 2$	Вилітання з ядра двох протонів

Фізичні основи ЕТ

Способи утворення РФП:

- нейтронне захоплення або активація нейтронів;
- поділ (розпад) ядра;
- використання прискорювачів заряджених частинок та бомбардування ними ядра.

Залежно від тривалості розпаду, РФП поділяють на:

- довгоживучі (період напіврозпаду більше двох тижнів);
- короткоживучі (період напіврозпаду від однієї години до двох тижнів);
- ультракороткоживучі (період напіврозпаду від декількох хвилин до декількох годин).

В ЕТ найчастіше використовують короткоживучий з періодом напіврозпаду 6 годин, енергія кванта 140

Фізичні основи ЕТ

Основні вимоги до РФП для медичної діагностики:

- 1) радіонуклід повинен мати необхідний період напіврозпаду $T_{0,5}$, достатній для проведення діагностики і який в той же час не призводить до радіоактивного ураження;
- 2) розпад повинен супроводжуватись випромінюванням γ – квантів;
- 3) енергія γ – квантів має бути достатньою для діагностики та задовольняти вимогам, які виникають внаслідок особливостей вимірювальної апаратури;
- 4) РФП повинен бути нешкідливим для організму і швидко виводитися з нього, тобто ефективний період (час, протягом якого активність введеного в організм препарату зменшиться вдвічі за рахунок розпаду і виведення з організму) повинен бути якомога коротшим

Детектори квантів

Детекторами γ – квантів є:

- 1) **газонаповнені іонізаційні камери** (камера, наповнена газом з великим атомним номером. Газ перебуває під великим тиском і в сильному електричному полі. При потраплянні γ – кванта відбувається іонізація, яка різко змінює опір, що є реєструється);
- 2) **сцинтиляційні детектори** (побудовані за тим самим принципом, що і комбіновані детектори X-випромінювання);
- 3) **напівпровідникові детектори.**

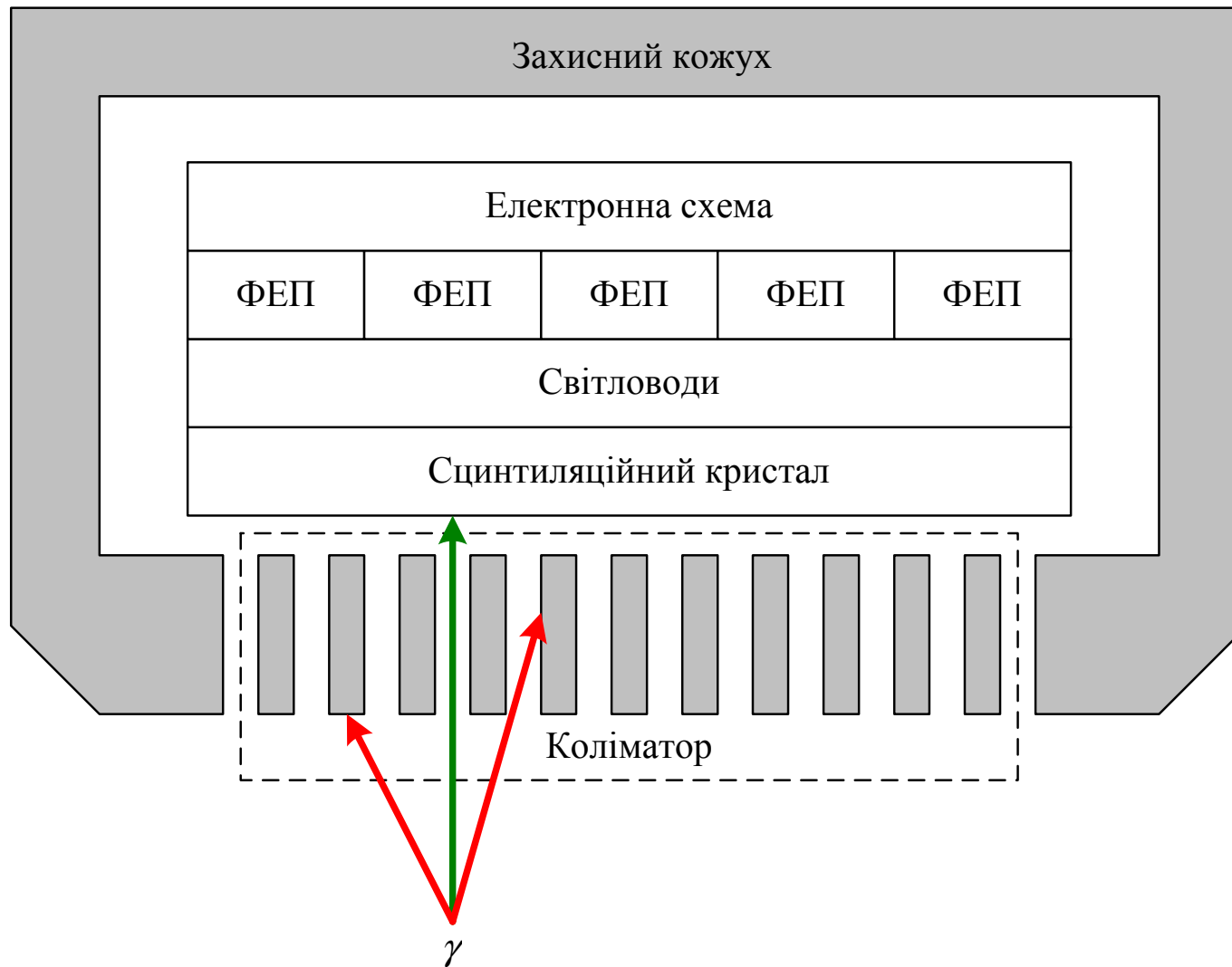
Неодмінні атрибути сцинтиляційного детектора:

коліматор – пристрій для виділення потоків γ – квантів певних напрямів (стрілка зеленого кольору на рисунку). Його типовий матеріал – свинець;

сцинтиляційний кристал (власне детектор) – сполука, яка при потраплянні неї квантів світиться в оптичному діапазоні довжин хвиль;

фотоелектронний помножувач (ФЕП) – вакуумний електронний пристрій, який перетворює світловий потік в електричний струм.

Детектори квантів



Сцинтиляційний детектор (гамма-камера Енгера):

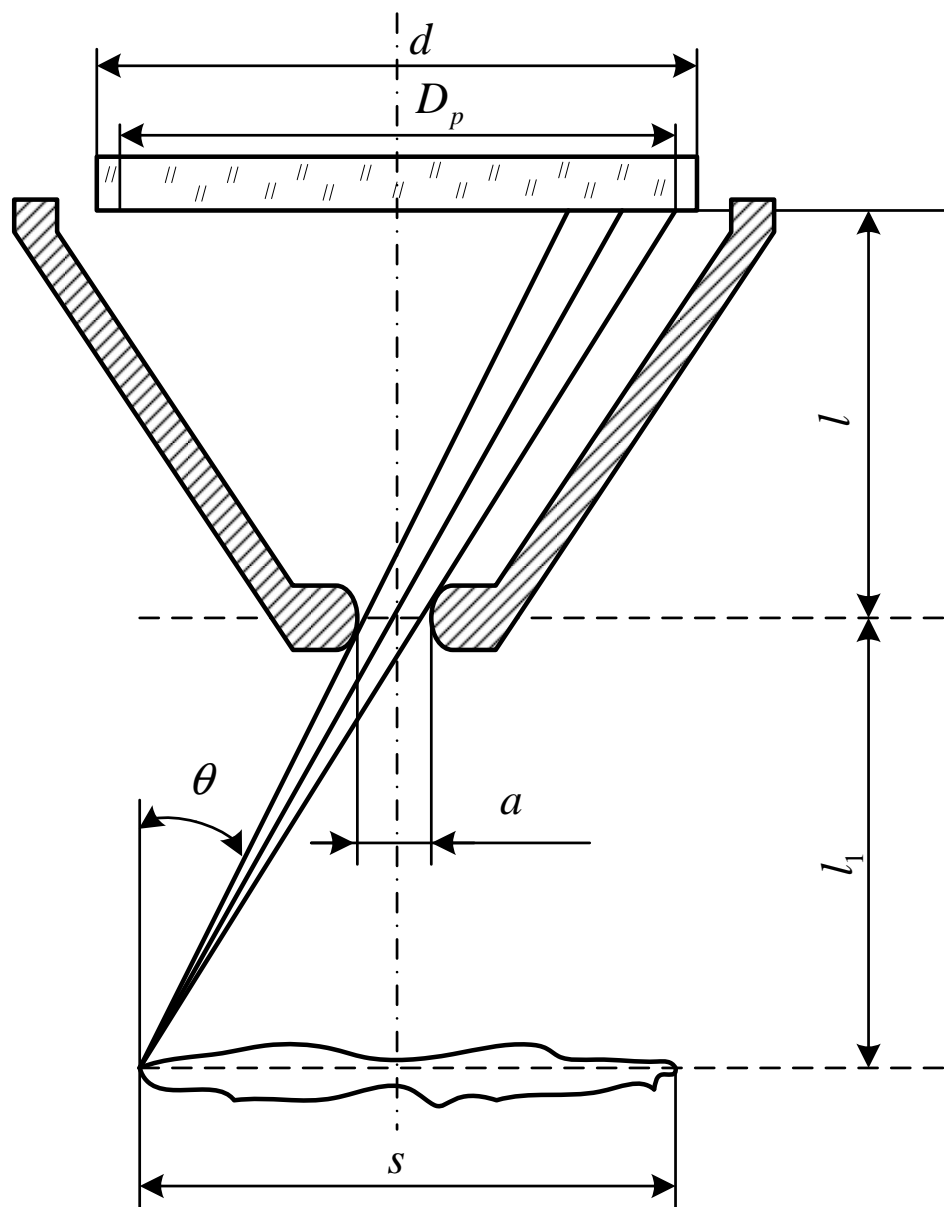
ФЕП – фотоелектронний помножувач

Коліматори детекторів квантів

Типові коліматори детекторів:

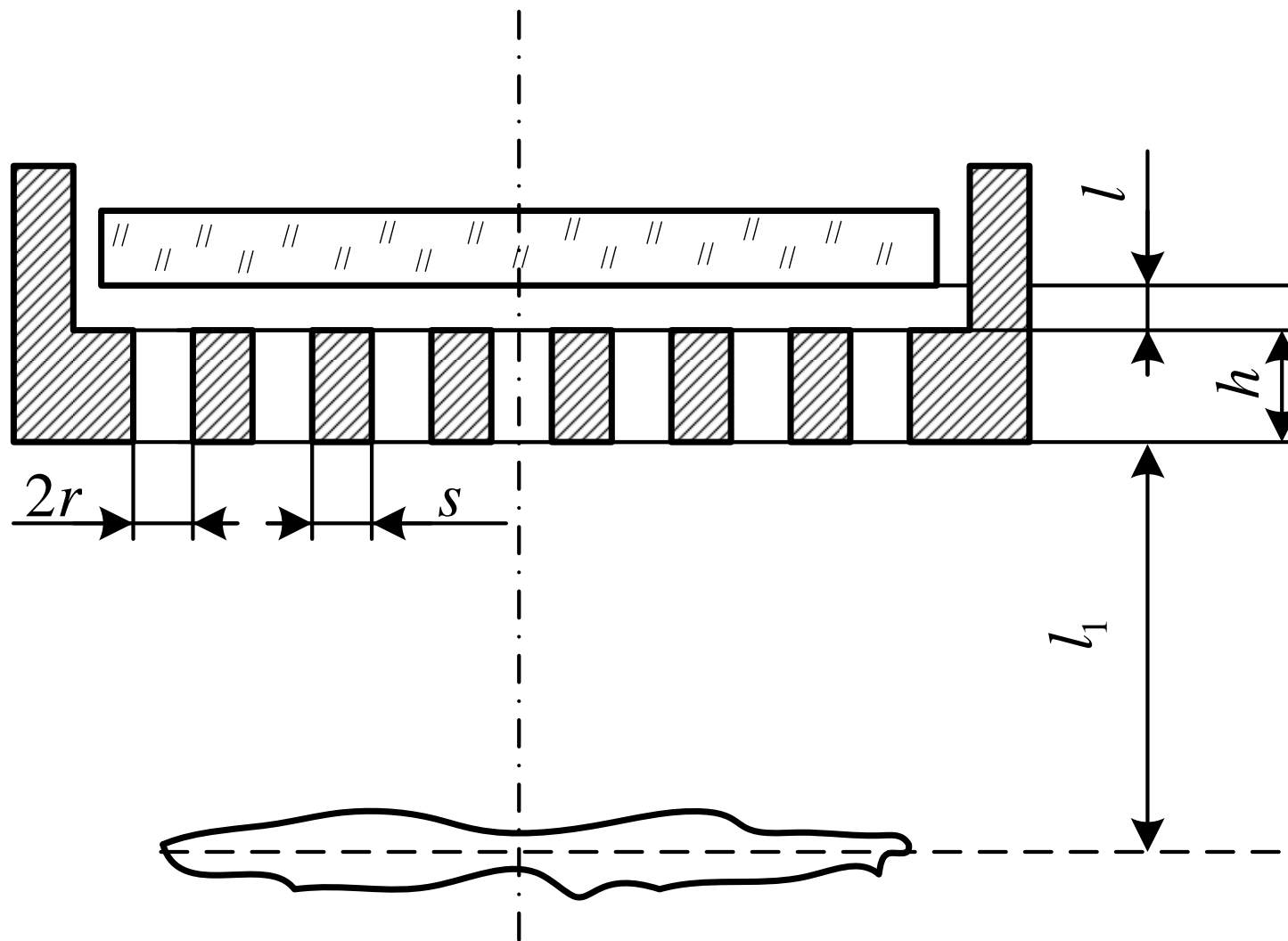
- пінхол (одинарний невеликий отвір). На сцинтиляційному кристалі при цьому формується перевернуте зображення приблизно таким самим чином, як і в камері-обскурі.
- коліматор з паралельними отворами. Має більш чутливість та поле зору порівняно з пінхолом.
- коліматор з отворами, що сходяться (конвергентний коліматор). Забезпечує високу чутливість та роздільну здатність за рахунок зменшення поля зору. Дозволяє виміряти глибинний розподіл РФП;
- коліматор з отворами, що розходяться (дивергентний коліматор) – протилежність конвергентного коліматора. Навпаки, має збільшене поле зору, але меншу чутливість.

Коліматори детекторів квантів



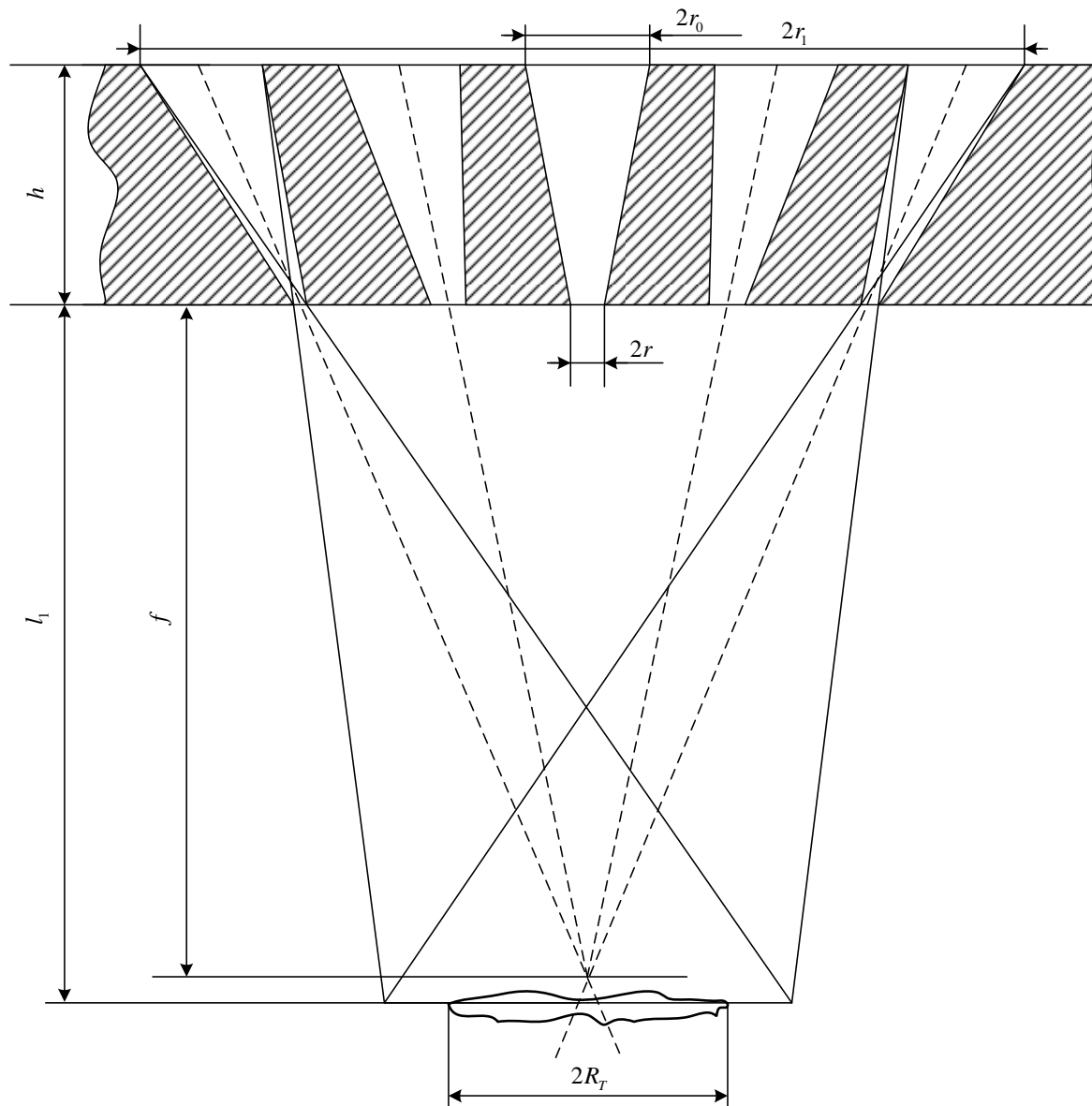
Пінхол

Коліматори детекторів квантів



Коліматор з паралельними отворами

Коліматори детекторів квантів



Коліматор з отворами, що сходяться (конвергентний коліматор)

Коліматори детекторів квантів

Перемещуючи детектори перпендикулярно чи паралельно до поздовжньої осі тіла людини, в ЕТ можна отримати:

поперечну томограму – розподіл РФП у шарі, перпендикулярному до поздовжньої осі тіла людини (так само, як у рентгенівській томографії, МРТ);

поздовжню томограму – розподіл РФП у шарі деякої товщини, паралельному поздовжній осі тіла людини.

Емісійну комп'ютерну томографію здійснюють за допомогою
(класифікація за способом генерування гамма-квантів):

- **однофотонної емісійної томографії (ОФЕТ);**
- **позитронної емісійної томографії (ПЕТ).**

Однофотонна емісійна томографія

Тут джерелом потоку квантів, інтенсивність якого вимірюють на виході з діагностованого об'єкта, є продукти розпаду ядер. У цих реакціях випромінюється один чи декілька гамма-квантів, напрямок руху яких випадковий.

Позитронна емісійна томографія

Тут досліджують функціональний стан ткани за допомогою РФП, які випромінюють позитрони. Позитрон взаємодіє з електроном, внаслідок чого відбувається анігіляція – обидві частинки зникають і виникають два гамма-кванти, які рухаються у діаметрально-протилежних (!) напрямках. У ПЕТ томографі на рівні досліджуваної частини тіла встановлюють детектори, розташовані один навпроти другого, які рухаються по колу. Одночасна реєстрація (метод збігу) двох гамма-квантів, що виникли під час анігіляції, дозволяє визначити локалізацію анігіляції. Отримана інформація про місце цієї анігіляції дозволяє за допомогою обчислень побудувати пошарове зображення досліджуваного органа.