

О. Е. Меленевський

Бета-випромінювання (β-випромінювання)

БЕТА-ВИПРОМІНЮВАННЯ (β-випромінювання) – електрони (або рівні їм за масою, але заряджені позитивно частинки – позитрони), які вилітають при розпаді відповідно бета-мінус або бета-плюс радіоактивних атомних ядер. Існує декілька бета-радіоактивних атом. ядер, здатних при своєму розпаді випромінювати як електрони, так і позитрони, але більшість ядер при розпаді випромінюють тільки частинки одного виду. При одному й тому ж типі розпаду однакових ядер енергія бета-частинок, що вилітають, може бути різною, змінюючись від нуля до певного макс. значення. Тому для кожного ядра і типу його бета-розпаду є своє значення граничної (макс.) енергії випромінюваних ним бета-частинок (E_{gr}), а також середнього (E_{cp}) і найбільш імовірного (E_{im}) значення їхньої енергії. Серед радіонуклідів бета-випромінювачів природ. походження найбільше значення в опроміненні біооб'єктів мають ^{40}K , ^{14}C та 3H , а серед радіонуклідів техноген. походження – ^{90}Sr + ^{90}Y та ^{137}Cs (значна кількість ядер бета-випромінювачів ^{14}C та 3H напрацьовується також при роботі ядерних реакторів відповідно з графітовими й водяними сповільнювачами). При проходженні через речовину бета-частинки поступово передають енергію електронам її атомів, при цьому зменшується швидкість і змінюється напрямок їхнього руху. Коли їхня швидкість стає близькою до швидкості руху електронів в атомах речовини, бета-частинку (електрон) захоплює один із атомів речовини, а позитрон анігілює з одним із електронів речовини, утворюючи при цьому два або більше гама-кванти, сумарна енергія яких дорівнює 1022 кеВ.

Для бета-частинок з певною E_{gr} у кожній речовині є своє значення макс. довжини їхнього пробігу (R_m) й коефіцієнта поглинання (μ). З точністю кращого за 20 % значення цих величин можна вирахувати за допомогою емпіричних формул: $R_m = 0,407 E_{gr}$ при $0,15 \text{ MeV} < E_{gr} < 0,8 \text{ MeV}$; $R_m = 0,542 E_{gr} - 0,133$ при $E_{gr} > 0,8 \text{ MeV}$ і $\mu = 15,5 E_{gr}$ (тут R_m виражають у г/см², μ – у см²/г, а E_{gr} – у МеВ). Коли енергія, яку передає бета-частинка в окремому акті взаємодії, достатня для відриву електрона від атома речовини, то відбувається іонізація відповід. атома, а якщо ні, то його збудження. У речовині, близькій за елементним складом до біол. тканини, на один акт іонізації припадає приблизно два акти збудження. Іонізаційні втрати

– частина енергії бета-частинок, що йде на іонізацію і збудження атомів речовини. Окрім іонізаційних, існують і радіац. втрати енергії, пов'язані зі змінами напрямку руху бета-частинок у речовині. Вони являють собою випромінювання квантів електромагніт. енергії і зростають зі збільшенням енергії бета-частинки, але в біол. тканині, навіть за найвищих енергій бета-частинок, не перевищують декількох процентів від іонізац. втрат. Величина лінійного передавання енергії (ЛПЕ) для бета-частинок при збільшенні їхньої енергії від 1 кеВ до 1 МеВ поступово зменшується при бл. від 12 до 0,2 кеВ/мкм, а надалі повільно зростає за рахунок зростання радіац. втрат. Тільки при енергіях, менших за 500 еВ, ЛПЕ бета-частинок перевищує 20 кеВ/мкм, але при цьому їхня іонізувал. здатність стає вже дуже малою. Це означає, що в більшості випадків бета-частинки є рідкоіонізувал. випромінюванням. Тому їхня біол. дія в основному аналогічна дії ін. рідкоіонізувал. випромінювань (див. [Іонізуючі випромінювання](#)).

Особливості біол. дії бета-частинок пов'язані з формуванням ними нерівномірної дози опромінення тканини за рахунок різниці у довжині пробігу в ній для бета-частинок, випромінюваних навіть однаковими радіонуклідами. Винятком є ситуація формування рівномірної дози опромінення тканини, яка створюється, коли достатньо велика кількість бета-частинок від розпаду рівномірно розподілених по її об'єму радіонуклідів опромінює об'єм тканини, розміри якого значно більші за R_m . Оцінити абсолютну величину й розподіл дози по об'єму тканини при опроміненні її бета-частинками можливо за допомогою екстраполяційної плоско паралельної іонізац. камери або аналізуючи енергет. спектр бета-частинок, які формують дозу опромінення. Відносне значення цих величин можна отримати за допомогою дозиметрів, що складаються з наборів чутливих до бета-випромінювання термолюмінесцентних плівок або фотоплівок. Ще одна особливість біол. дії бета-частинок пов'язана з тим, що за енергії, яка перевищує 250 кеВ, їхній рух у біол. тканині супроводжується свіченням Вавилова–Черенкова, максимум інтенсивності якого припадає на синьо-фіолетову частину видимого спектра електромагнітного випромінювання. Тобто в цьому випадку біол. тканина перебуває в полі комбінованої дії іонізувал. радіації й світла. Під дією фотохім. реакцій, викликаних фотонами свічення Вавилова–Черенкова, в ДНК клітини можуть утворюватися тимінові димери, які в комбінації з продуктами дії бета-частинок як іонізувал. випромінювання здатні викликати відповідні фізіол. й генет. ефекти.

Рекомендована література

1. Коггл Дж. Биологические эффекты радиации / Пер. с англ. Москва, 1986;
2. Ярмоненко С. П. Радиобиология человека и животных. Москва, 1988;
3. Гродзинський Д. М. Радіобіологія: Підруч. К., 2000.

Бібліографічний опис:

Бета-випромінювання (β -випромінювання) / О. Е. Меленевський // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2003. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-39561>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).