

Пономаренко Л.П.¹, Зарубіна Н.Є.², Кузь О.П.¹

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Берестейський проспект, 37, Київ,
email:Ponomarenko.Lilia@lil.kpi.ua

²Інститут ядерних досліджень НАН України, проспект Науки, 47, Київ, email:
Nataliia.zarubina@gmail.com

РОЗВИТОК МЕТОДІВ ДЕТЕКЦІЇ АЛЬФА-ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЇХ ПЕРШІ БІОМЕДИЧНІ ЗАСТОСУВАННЯ

Анотація. У роботі висвітлюється розвиток методів детектування альфа-випромінювання з кінця ХІХ до середини ХХ століття. Особлива увага приділяється одним із перших біомедичних застосувань альфа-випромінювання, зокрема в дослідженнях впливу іонізуючого випромінювання на біологічні тканини.

Abstract. The paper highlights the development of alpha radiation detection methods from the late 19th to the mid-20th century. Particular attention is paid to one of the first biomedical applications of alpha radiation, particularly in studies of ionizing radiation's effects on biological tissues.

Ключові слова: Детектор, іонізуюче випромінювання, альфа-частинка
Keywords: Detector, ionizing radiation, alpha particle

Розвиток детектування альфа-випромінювання, особливо в період кінця ХІХ століття – середини ХХ століття, є важливим етапом у вивченні радіоактивності. Цей період охоплює відкриття нових типів випромінювання, таких як альфа-частинки, і створення перших методів та інструментів для їх виявлення. Досліди, проведені такими вченими як Е. Резерфорд, Г. Гейгер, В. Мюллер, Ч. Вільсон та ін. сприяли створенню перших детекторів випромінювання та стали основою для розвитку ядерної фізики та радіаційної безпеки.

Відкриття явища радіоактивності у 1896 році А. Беккерелем, а згодом робота М. та П. Кюрі з радієм (Ra) і полонієм (Po), є відправною точкою для дослідження типів випромінювання. Е. Резерфорд першим класифікував радіоактивні випромінювання, як альфа- і бета-випромінювання у 1899 році. Альфа-випромінювання, як з'ясувалося пізніше, складається з позитивно

заряджених частинок – ядер гелію (He^{2+}) і є високоіонізуючим, проте має дуже обмежену проникну здатність: альфа-частинки зупиняються навіть аркушем паперу або епідермісом шкіри людини. [1]

Перші дослідники для детектування випромінювання використовували флуоресцентні екрани, покриті сульфідом цинку, які давали світлові спалахи при потраплянні альфа-частинок. Це був один із первинних способів візуалізації випромінювання. Спостереження проводилось у темній кімнаті за допомогою мікроскопа і спалахи (сцинтиляції) підраховували вручну. Метод був точним, але надзвичайно виснажливим.

Наступним важливим детектором став електроскоп, який дозволяв якісно оцінити іонізуючу здатність випромінювання. Через свою велику масу та заряд, альфа-частинки створювали значну іонізацію повітря, що спричиняло розряд електроскопа. Цей ефект дозволив відрізнити альфа-випромінювання від інших типів радіоактивності, зокрема бета-випромінювання.

У 1900 році Чарльз Вільсон винайшов *камеру*, що згодом (1912) дозволила візуалізувати сліди іонізуючих часток (камера Вільсона). Альфа-частинки проходили через пересичену пару та залишали сліди, які можна було фотографувати. Камери Вільсона стали невід'ємною складовою експериментальної фізики у 1920 – 1950-х роках. Їх використовували для вивчення взаємодії частинок, зокрема в процесах розсіювання та розпаду.

Перші кількісні оцінки випромінювання стали можливими саме після винайдення іонізаційної камери. Резерфорд і Гейгер використали камери для підрахунку альфа-частинок, створивши електричний підсилювач сигналу. Це дозволило перейти від візуального спостереження до електронного детектування. Пізніше на основі цих досліджень було створено електронні лічильники.

У 1908 році Г. Гейгер і В. Мюллер розробили детектор Гейгера-Мюллера, який виявився першим ефективним приладом для детекції альфа-випромінювання. Це був газовий лічильник, що генерував електричний імпульс у випадку взаємодії альфа-частинки з молекулами газу у детекторі.

Наступним важливим етапом розвитку детектування стали пропорційні лічильники. Завдяки газовому підсиленню вони дозволяли не лише реєструвати частинки, але й розрізняти їх за енергією. Це створило основу для альфа-спектроскопії, яка сьогодні активно використовується в ядерній фізиці, радіоекології та криміналістиці. Альфа-спектрометри дозволяють розрізняти ізотопи, які випромінюють альфа-частинки, за їх енергетичними характеристиками. [1, 2]

Альфа-детектори швидко знайшли застосування не лише у суто наукових дослідженнях. Одним із перших напрямів використання детекторів альфа-випромінювання було дослідження дії випромінювання на біологічні тканини. Уже на початок XX століття проводилися експерименти із використанням альфа-джерел (особливо радону та радію) для вивчення впливу іонізуючого випромінювання на шкіру, кров, клітини епітелію. Так, у 1904 році американський лікар Еміль Груббе застосовував радій для опромінення пухлин і спостерігав реакцію тканин за допомогою перших електроскопів та візуальних оцінок [2].

Під час Першої світової війни детектори почали вперше застосовувати в польових умовах. Через широке використання радію в медичних установках в якості джерела терапевтичного опромінення, зросла потреба у моніторингу доз персоналу та пацієнтів. Військові шпиталі у Франції та Великобританії обладнувались електроскопами та сцинтиляційними екранами для виявлення протікання або неправильного зберігання радієвих аплікаторів. Це дозволяло зменшити випадки променевого ураження серед персоналу.

У Франції, зокрема, лабораторії під керівництвом Марії Склодовської-Кюрі, які займались виготовленням і контролем радієвих зразків, використовували електроскопи для перевірки активності підготовлених джерел перед їх транспортуванням на фронт. В умовах, коли було складно проводити повноцінну діагностику поранених, альфа-випромінювання разом із рентгенівським застосовувалося в мобільних польових шпиталях. Марія Кюрі організувала створення пересувних рентгенівських лабораторій, відомих як "маленькі Кюрі" (Petites Curies), для обстеження поранених солдатів.

Крім того, в медичних експериментах воєнного часу проводились опромінення поверхневих ран радієвими аплікаторами. Для контролю активності аплікатора безпосередньо перед використанням застосовували сцинтиляційні екрани, що дозволяло перевірити інтенсивність альфа-випромінювання без складної апаратури. [3]

У 1920 – 1930-х роках у дослідницьких лабораторіях почали використовувати мікроіонізаційні камери для детектування альфа-випромінювання в біологічних зразках. Відомі експерименти І.Тарханова, який ще у 1896 році виявив зміни в життєвій активності організмів після опромінення альфа-частинками [4].

Згодом у 1940–1950-х роках альфа-детектори почали застосовуватись для вивчення розподілу радіонуклідів у тканинах лабораторних тварин. Наприклад,

використовували сцинтиляційні кристали для локалізації накопичення полонію-210 або плутонію-239 в кістках і печінці. Це дозволяло оцінювати біологічний розподіл і період напіввиведення альфа-випромінюючих речовин, що сприяло подальшому розвитку радіотоксикології.

Попри низьку проникність, альфа-випромінювання є вкрай небезпечним у разі внутрішнього опромінення, особливо при надходженні у дихальні шляхи (легені). Саме тому детектування такого випромінювання важливе в контексті контролю забруднення навколишнього середовища, моніторингу харчових продуктів, а також у медицині та криміналістиці.

ЛІТЕРАУРА

- [1] Frame, P. W. (2005). A history of radiation detection instrumentation. *Health Physics*, 88(6), 613–637.
- [2] Knoll, G. F. (2010). *Radiation Detection and Measurement* (4th ed.).
- [3] Jorgensen, T. J. (2017, October 11). How Marie Curie Brought X-Ray Machines To the Battlefield. *Smithsonian Magazine*. <https://www.smithsonianmag.com/history/how-marie-curie-brought-x-ray-machines-to-battlefield-180965240/>
- [4] Майдебур, О. П. (2012). Відкриття іонізуючого випромінювання як передумова становлення радіобіології. *Зрошуване землеробство*, 58, 169–171