**ЛАЗЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОДІЛУ ІЗОТОПУ 11C ДЛЯ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ У ПЕТ-ДОСІДЖЕННЯХ**

***Харківський національний медичний університет***

***Ашуров А. Е.***

***кандидат ф.-м. наук, доцент Човпан Г. О.***

Позитрон-емісійний томограф (ПЕТ) – це прилад, що реєструє у режимі збігів γ-випромінювання двох γ-квантів з енергією 511 кеВ, що утворюються при анігіляції електрона середовища та позитрона, випромінюваного при розпаді β+-радіоактивного ізотопу. При цьому позитрон загальмовується в тканинах і анігілює з електроном, утворюючи пару γ-квантів, що розлітаються в протилежних напрямках, які уловлюються детектором. Детектор працює за принципом схеми збігів – для виключення випадкових спрацьовувань (наприклад, проліт частинки космічного випромінювання) враховуються тільки події, коли масивом детекторів зафіксовано одночасно два γ-кванта. Спрацювавши, два детектора визначають пряму, на якій лежала точка анігіляції – тобто точка накопичення «мічених» ізотопом молекул. Набором статистики та її комп'ютерною обробкою вдається за безліччю таких комбінацій побудувати карту щільності розподілу накопичених «мічених» молекул. Також розглядаються можливості використання β-випромінювання та його іонізуючої дії для проведення локальної протиракової променевої терапії.

Методи позитрон-емісійної томографії займають особливе місце в ядерній діагностиці. На відміну від класичних методів (таких як комп'ютерна та магнітно-резонансна томографії), що дозволяють отримувати зображення тільки анатомічних структур і змін в них, ПЕТ дозволяє проводити кількісний аналіз біохімічних або фізіологічних функцій. Ця інформація часто дозволяє виявити функціональні зміни, викликані захворюванням, задовго до появи будь-яких морфологічних змін. Зокрема, ПЕТ – єдиний апарат, що дозволяє діагностувати пухлину на "нульовій" стадії.

Основні радіонукліди, які використовуються в клінічних дослідженнях, це Карбон 11C, Нітроген 13N, Оксиген 15O і Фтор 18F, оскільки ці хімічні елементи є майже у всіх органічних сполуках у тілі людини. Також у ПЕТ-дослідженнях використовуються стабільні ізотопи кисню 18О та вуглецю 13С для ранньої діагностики раку. Крім того, бажано використовувати позитронні емітери з низькою максимальною енергією β-частинок, що дозволить підвищити просторову роздільну здатність зображення.

Необхідність масового використання медичних препаратів мічених ізотопом 11С для діагностичних цілей потребує суттєвого підвищення його світового виробництва до сотень кілограмів в рік. На жаль, вартість його отримання традиційними методами дуже висока. Більш перспективною в цьому сенсі є лазерна технологія поділу стабільних ізотопів елементів середніх мас, яка при виробництві ізотопу 11С дає можливість істотно знизити собівартість.

Поділ стабільних ізотопів – технологічний процес зміни ізотопного складу речовини, що складається з суміші різних ізотопів одного хімічного елемента. З однієї суміші ізотопів на виході процесу отримують дві суміші: одна з підвищеним вмістом необхідного ізотопу (збагачена суміш), інша зі зниженим (збіднена суміш). Поділ ізотопів завжди пов'язаний зі значними труднощами, бо ізотопи, що представляють собою майже ідентичні за масою варіації одного елемента, хімічно поводяться практично однаково. Відмінності в поведінці ізотопів настільки малі, що за одну стадію поділу, речовина збагачується на соті частки відсотка і повторювати процес поділу доводиться знову і знову – величезна кількість разів. Технологічно це здійснюється послідовним пропуском певного обсягу ізотопів через однотипні осередки, які здійснюють поділ – каскади. Для отримання необхідного поділу, каскадів може бути послідовно кілька тисяч, а для отримання необхідного обсягу, потребуються десятки і сотні тисяч таких послідовних груп каскадів включених паралельно.

Саме тому використовується лазерна технологія поділу стабільних ізотопів. Лазерний поділ не є самостійним методом, але використовується для поліпшення характеристик електромагнітного або хімічного методів поділу. Метод заснований на виборчій іонізації одного з ізотопів електромагнітним випромінюванням (наприклад, світлом лазера). Вибірковість іонізації заснована на резонансному (вузькополосному) поглинанні світла атомами: різні ізотопи мають різний спектр поглинання випромінювання. Це означає, що можна підібрати такі параметри опромінення, при яких переважно іонізуються атоми заданого ізотопу. Після цього іонізовані атоми можуть бути відокремлені, наприклад, в магнітному полі. Крім того, іонізація атомів може змінювати швидкість хімічних реакцій, полегшуючи розпад деяких хімічних сполук, тим самим збільшуючи вихід потрібного ізотопу.

Таким чином, виробництво високозбагаченого ізотопу 11С по комбінованій технології, при якій збагачення проводиться у дві стадії:

1) На першій (лазерній) стадії здійснюється селективна мультифотонна дисоціація молекул фреону (насиченого аліфатичного фторвмісного вуглеводню) за допомогою лазерного випромінювання з метою отримання цільової речовини з 30-35% вмістом 11С при продуктивності 3-х модулів до 1,5г/год (але при зменшенні продуктивності до 0,6г/год можна отримати 90% збагачення);

2) На другій стадії більш високе збагачення до 99,9% виходить традиційним способом на центрифугах. Важливо, що отримуваний за цією технологією 11СО2 містить знижену концентрацію важких ізотопів кисню в порівнянні з 11СО2, одержуваних іншими методами (звичайне зміст 18О в 11СО2 – 5-7%). Одночасно продуктами є з'єднання, мічені стабільним ізотопом 11С: СО2, К2СО3, Na2CO3, NaHCO3, CaCO3, Хладон-114В2 (1,1,2,2-тетрафтордіброметан) – C2F4Br2, 11C-сечовина: CO(NH2)2.

Як можна побачити, лазерний метод поділу ізотопу 11C відрізняється від традиційного наявністю першої стадії, на якій відбувається опромінення лазером субстрату з подальшою мультифотонною дисоціацією фреону, у такий спосіб здійснюючи вибіркову іонізацію субстрату. Ця технологія поділу розвивається з 1970-х років багатьма країнами і вважається перспективною, проте все ще не вийшла за рамки дослідних робіт. Саме тому лазерна технологія поділу стабільних ізотопів виявляє величезний інтерес до себе та є особливою у галузі ядерного синтезу.

**Список літератури:**

1. N.P. Dikiy, A.N. Dovbnya, Y.V. Lyashko, E.P. Medvedeva, Y.D. Tur, V.L. Uvarov. Production of medical isotopes at electron accelerators // Питання атомної науки і техніки. Серія «Ядерно-фізичні дослідження», 2000. с. 58-61.
2. V. Shivarundrappa. High Purity Materials as Targets for Radioisotope Production: Need and Challenges // International Symposium on "Ultrapure Materials: Processing, Characterization, Applications (ISUM)". November 22-23, 2004. Hyderabad, India. P. 1-29.
3. И. В. Карлов, А. М. Прохоров. Лазерний поділ ізотопів // Успіхи фізичних наук, 1976. Том 118, вип.4. С. 583-608.