

---

## ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

---

УДК 615.12:615.031:615.032

ВОЛОДИМИР ОЛЕКСАНДРОВИЧ ВОРОНКО<sup>1</sup>, РОМАН МИКОЛАЙОВИЧ ДРОНОВ<sup>1</sup>,  
БОРИС ІВАНОВИЧ ШРАМЕНКО<sup>1</sup>, ІГОР ВІКТОРОВИЧ БЕЛОЗЬОРОВ<sup>2</sup>,  
ІГОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ ГІРКА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут НАН України»

<sup>2</sup> Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна

### МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ РАДІОФАРМПРЕПАРАТІВ «ГЛЮКОЗА, <sup>11</sup>C» ТА «ЕТАНОЛ, <sup>11</sup>C» ДЛЯ ПОЗИТРОН-ЕМІСІЙНОЇ ТОМОГРАФІЇ НА ПРИСКОРЮВАЧАХ ННЦ ХФТІ

Надкоротковічні ізотопи <sup>18</sup>F та <sup>11</sup>C для позитрон-емісійної томографії (ПЕТ) традиційно одержують на прискорювачі протонів — циклотроні або фотоядерним методом на лінійному прискорювачі електронів або мікротроні. В ННЦ ХФТІ успішно реалізована на практиці можливість отримання нових РФП, мічених ізотопом <sup>11</sup>C, готових до використання для ПЕТ-діагностики та лікування. Обов'язковою умовою ефективного функціонування ПЕТ-центру є розміщення використовуваного прискорювача в безпосередній близькості від ПЕТ-томографа. Такій умові відповідає варіант ПЕТ-центру, згідно з яким ПЕТ-томограф та прискорювачі (циклотрон, мікротрон) розміщуватимуться в сусідніх будівлях Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна (ХНУ), а транспортування фармпрепаратів, мічених ізотопами <sup>11</sup>C та <sup>18</sup>F, буде здійснюватися за допомогою пневмопошти. Реалізація запропонованої в роботі Пропозиції дасть можливість мати в Харківському регіоні не лише типовий Центр ПЕТ-діагностики, але й створити унікальний Центр лікування раку новим радіофармпрепаратом «Етанол, <sup>11</sup>C», отриманим дослідниками Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут Національної академії наук України» (ННЦ ХФТІ НАНУ) після дослідження в США методу лікування раку звичайним етанолом.

**Ключові слова:** позитрон-емісійна томографія, циклотрон, мікротрон, радіофармпрепарат, «Глюкоза, <sup>11</sup>C», «Етанол, <sup>11</sup>C», лікування раку.

Викладена нижче Пропозиція є оновленим варіантом Проекту [1], який пропонували раніше та який не був реалізований як через відсутність радіофармпрепаратів (РФП) для ПЕТ-діагностики, так і самого ПЕТ-томографа. З огляду на те, що в Харківському регіоні такий Центр відсутній, потреба у створенні Центру позитрон-емісійної томографії не лише не втратила своєї актуальності, а стала ще нагальнішою. У даний час ситуація з РФП для ПЕТ-діагностики покращилася у зв'язку з реалізованою в ННЦ ХФТІ можливістю отримання РФП, мічених ізотопом <sup>11</sup>C, готових до використання: «Глюкоза, <sup>11</sup>C» [2, 9] та «Етанол, <sup>11</sup>C» [3].

Надкоротковічні (НКВ) ізотопи <sup>11</sup>C, <sup>13</sup>N, <sup>15</sup>O та <sup>18</sup>F, що становлять основу РФП для ПЕТ-діагностики, мають короткі періоди напіврозпаду: від 2 хвилин (<sup>15</sup>O) до 110 хвилин (<sup>18</sup>F). З цієї причини головною умовою

реалізації Пропозиції є необхідність розташування ПЕТ у безпосередній близькості до місця напрацювання ізотопів (та приготування на їх основі РФП).

#### 1. ОТРИМАННЯ РАДІОФАРМПРЕПАРАТІВ «ГЛЮКОЗА, <sup>11</sup>C» ТА «ЕТАНОЛ, <sup>11</sup>C» ЯК ПЕРЕДУМОВА СТВОРЕННЯ ПЕТ-ЦЕНТРУ

В ННЦ ХФТІ успішно реалізована на практиці можливість отримання нових РФП, мічених ізотопом <sup>11</sup>C, готових до використання для ПЕТ-діагностики та лікування.

Слід зауважити, що фторування глюкози ізотопом <sup>18</sup>F та «мічення» глюкози ізотопом <sup>11</sup>C — досить складні і дорогі технологічні процеси із застосуванням токсичних хімічних реагентів. Не випадково, ці процеси синтезування РФП захищені іноземними патентами у вигляді запатентованої технології «чорний ящик» і широко використовуються в медичних центрах у усьому світі.

Розглянемо ретельно процедуру отримання РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » з використанням фотоядерного методу.

На відміну від описаних вище відомих способів отримання РФП шляхом синтезування їх з використанням окремо виділених ізотопів  $^{11}\text{C}$  та  $^{18}\text{F}$ , запропонований нами спосіб полягає в «перетворенні» стабільного ізотопу  $^{12}\text{C}$  в молекулі глюкози в ізотоп  $^{11}\text{C}$ . «Перетворення» стабільного ізотопу  $^{12}\text{C}$  в молекулі глюкози в ізотоп  $^{11}\text{C}$  здійснюється шляхом опромінення стандартних таблеток глюкози пучком гамма-квантів лінійного прискорювача електронів для утворення ізотопу  $^{11}\text{C}$  в результаті фотоядерної реакції  $^{12}\text{C}(\gamma, n)^{11}\text{C}$  на ядрі  $^{12}\text{C}$ , яке природним чином входить до складу молекули моногідрату глюкози —  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Важливо, що структурна формула і біологічна активність молекули глюкози при цьому не змінюються.

При цьому процес отримання РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » відрізняється суттєвим спрощенням, тому що виключається дуже складна та дорога операція синтезування РФП, міченого заданим ізотопом (у нашому випадку ізотопом  $^{11}\text{C}$ ).

Таким чином, спрощена процедура його отримання і висока радіонуклідна чистота препарату є, по суті, альтернативою іншим відомим способам отримання РФП.

Експериментальні дослідження з отримання РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » виконані на лінійному прискорювачі електронів ЛУЕ-40м шляхом «мічення» ізотопом  $^{11}\text{C}$  стандартної лікарської форми — глюкози моногідрат (далі глюкоза), що випускається вітчизняною фармацевтичною промисловістю у вигляді таблеток для широкого використання в медицині та дієтології. Процес «мічення» ізотопом  $^{11}\text{C}$  глюкози полягає в опроміненні ампули, заповненої таблетками глюкози пучком гамма-квантів з енергією, що перевищує поріг утворення ізотопу  $^{11}\text{C}$  в результаті фотоядерної реакції  $^{12}\text{C}(\gamma, n)^{11}\text{C}$  на ядрі  $^{12}\text{C}$  — 18,72 МеВ. Період напіврозпаду ізотопу  $^{11}\text{C}$  — 20,4 хвилини.

Після опромінення зразок глюкози вилучається для вимірювання на спектрометричному комплексі «Camberra» питомої активності ізотопу  $^{11}\text{C}$ , яка склала 110 МБк/г [9]. Розчин радіоактивної глюкози в дистилляті є вже готовим до використання РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ ».

Аналогічна технологія створення фармпрепарату, міченого ізотопом  $^{11}\text{C}$ , використовується також для отримання РФП «Етанол,  $^{11}\text{C}$ », коли як первинний субстрат використовується звичайний етанол  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . Опромінений етанол з об'ємною активністю 60 МБк/см<sup>3</sup> також є готовим до використання РФП [3].

Порівняння напрацьованих величин повної активності препарату «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » з величинами повної активності РФП «Глюкоза,  $^{18}\text{F}$ », які потрібні для діагностики всього організму людини, а тим більше мозку або міокарда (<150 МБк), показує, що фотоядерний метод напрацювання РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » повною мірою забезпечує потреби ПЕТ-діагностики [9]. Слід зауважити, що порівняно короткий період напіврозпаду ізотопу  $^{11}\text{C}$  (20 хвилин) надзвичайно важливий при застосуванні рецепторних

(повторюваних з коротким інтервалом) досліджень з РФП, мічених ізотопом  $^{11}\text{C}$ .

Розробка нових РФП описана в патентних заявках [2, 3] та РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » в роботі [9].

Важливо, що винахід [3] суттєво удосконалює метод, запропонований американськими вченими при лікуванні раку етанолом (алкоголем) [4, 5]. Група цих дослідників вважає, що навіть одна ін'єкція гелю на основі етанолу може вилікувати певні типи пухлин, і що можна лікувати деякі передракові ураження шийки матки та раку молочної залози.

Наше удосконалення методу лікування раку [4, 5] полягає в маркуванні етилового спирту ізотопом  $^{11}\text{C}$  (тобто створенні нового препарату «Етанол,  $^{11}\text{C}$ » [3]), що дає можливість засобами ПЕТ-томографії візуалізувати місце розташування та просторову форму етанолу, введеного в пухлину. Використання «Етанолу,  $^{11}\text{C}$ » дає змогу забезпечити контроль за процесом лікування раку етанолом «у динаміці», з можливістю додаткових коригувальних ін'єкцій етанолу, якщо це необхідно.

## 2. ПРОПОЗИЦІЯ ЗІ СТВОРЕННЯ ЦЕНТРУ ПОЗИТРОН-ЕМІСІЙНОЇ ТОМОГРАФІЇ НА БАЗІ МЕДИЧНОГО ТА ФІЗИКО-ТЕХНІЧНОГО ФАКУЛЬТЕТІВ ХНУ

Умові розташування ПЕТ-томографа близько до прискорювачів, які використовуються для одержання фармпрепаратів, мічених ізотопами  $^{11}\text{C}$  та  $^{18}\text{F}$ , відповідає запропонований цією Пропозицією варіант, коли ПЕТ розташовується в СМСЧ № 13 (будівля колишнього «інфекційного» корпусу), а напрацювання ізотопів  $^{18}\text{F}$  (РФП «Фторглюкоза,  $^{18}\text{F}$ ») здійснюється на прискорювачі протонів (циклотроні) або ізотопів  $^{11}\text{C}$  (РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » [2, 9] та «Етанол,  $^{11}\text{C}$ » [3] на прискорювачі електронів — мікротроні (ММ50 Scanditronix), які передбачається розташувати в будівлі фізико-технічного факультету ХНУ на відстані 134 м від ПЕТ (у зоні «прямої видимості»). Це дасть можливість здійснити швидко транспортування напрацьованих ізотопів від прискорювача до ПЕТ пневмопоштою (рис. 1).

Транспортування ампули (А) між позиціями 3 та 4 на відстань 134 м здійснюється за допомогою ТП (пневмопоштою) за час близько однієї хвилини.

Своєчасне впровадження Пропозиції відкриє широкі можливості для лікування раку в Україні без значного відриву в часі від США.

Позаяк новий метод лікування раку етанолом [4, 5] лише починає розвиватися, своєчасна реалізація Пропозиції дасть можливість усунути величезний розрив, який існує сьогодні між можливостями лікування раку в Україні та в розвинених країнах.

Крім того, реалізація Пропозиції (як пілотна версія) дозволить на практиці перевірити працездатність та ефективність комплексів ПЕТ діагностичної системи, їх функціональність та правильність концептуальних підходів, які покладено в основу пропозиції, з метою врахування набутого досвіду для подальшого вдосконалення, розробки та розповсюдження спеціалізованих ПЕТ-центрів лікування раку в Україні.

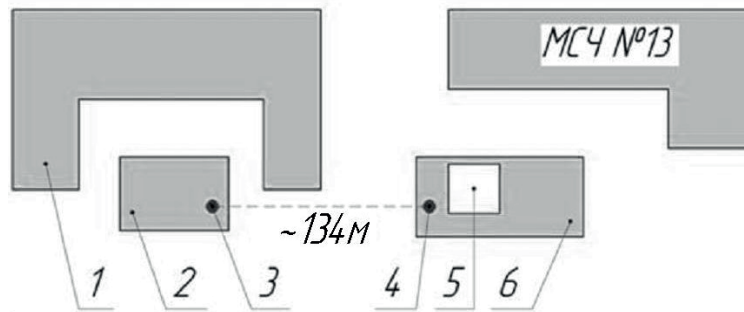


Рис. 1. Схематичне розташування об'єктів Пропозиції:

- 1 — корпус фізико-технічного факультету ХНУ; 2 — спеціалізований бункер на глибині 7 м, де мають бути встановлені прискорювачі (циклотрон / мікротрон); 3 — місце «завантаження» ампули (А) з ізотопами або РФП в транспортний трубопровід; 4 — місце «вивантаження» ампули (А) з (ТП) поблизу ПЕТ для остаточного приготування РФП (у разі необхідності); 5 — ПЕТ; 6 — наявний корпус, де передбачається розмістити ПЕТ та палати для пацієнтів

Реалізація Пропозиції включає в себе два етапи.

### I ЕТАП (2019–2020 рр.)

Забезпечує ПЕТ-діагностику з використанням «Фторглюкози,  $^{18}\text{F}$ », отриманої на прискорювачі протонів — циклотроні, із застосуванням добре розвинутої в усьому світі (ліцензованої) технології.

1. Встановлення та запуск циклотрона («baby» cyclotron) у корпусі 1 (бункер 2) — рисунок 1 (передбачається поставка циклотрона з наукового центру Jülich (Німеччина) відповідно до наявної угоди).

2. Розробка конструкції та спорудження пневматичного трубопроводу (ТП) — рисунок 1.

3. Встановлення ПЕТ у корпусі 6 — рисунок 1 (отримання ПЕТ від структур, зацікавлених у використанні РФП, які будуть напрацьовуватись на циклотроні («baby» cyclotron) (згідно з існуючою домовленістю), або придбання ПЕТ за прикладом ПЕТ-центру в місті Києві (Феофанія)).

4. Опрацювання функціонування комплексу — ПЕТ-діагностичного центру.

### II ЕТАП (2020–2021 рр.)

Передбачає практичну реалізацію методу лікування раку етанолом [4, 5] з урахуванням удосконалення [3] («Етанол,  $^{11}\text{C}$ »), а також надання ПЕТ-діагностики, використовуючи традиційний РФП «Фторглюкоза,  $^{18}\text{F}$ » та новий РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » [2, 9], який забезпечує рецепторні (повторювані) дослідження. РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » та «Етанол,  $^{11}\text{C}$ » напрацьовуватимуться на електронному прискорювачі — мікротроні MM-50 (Scanditronix) (передбачається придбання мікротрона MM-50 (Scanditronix) за кордоном), який вибрано як джерело електронів завдяки його надійності та простоті в експлуатації (крім того, мікротрон дешевше лінійного прискорювача).

1. Встановлення та введення в експлуатацію в корпусі 1 мікротрона MM-50 з енергією 30–50 MeV та середнім струмом 10–20 мкА.

2. Практичне отримання та використання препарату «Етанол,  $^{11}\text{C}$ » [3] для лікування раку етанолом за методом [4, 5] поєднано з ПЕТ-діагностикою.

3. Практичне отримання та використання фармацевтичного препарату «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » [2, 9] для ПЕТ-діагностики, включаючи рецепторні дослідження з використанням ПЕТ.

Фактори, що сприятимуть реалізації Пропозиції:

– спеціалізований бункер ХНУ, де мають бути встановлені прискорювачі, має всі належні дозвільні документи для експлуатації прискорювачів у запланованих цією пропозицією режимах;

– використання наявних будівель для ПЕТ та прискорювачів значно здешевлює та скорочує терміни реалізації Пропозиції;

– розташування ПЕТ у безпосередній близькості до місця напрацювання ізотопів значно спрощує його реалізацію та, головне, дає можливість зберегти напрацьований рівень активності НКВ ізотопів шляхом скорочення часу транспортування напрацьованих ізотопів до місця приготування РФП (поблизу ПЕТ) завдяки використанню «пневмопошти»;

– наявність кваліфікованих кадрів фізиків-ядерників ННЦ ХФТІ та фізико-технічного факультету ХНУ, участь яких сприятиме реалізації Пропозиції, допоможе забезпечити постійне напрацювання ізотопів  $^{18}\text{F}$  та  $^{11}\text{C}$  та приготування на їх основі РФП для ПЕТ-діагностики та лікування [2, 3, 6–9];

– участь медперсоналу ДУ «Інститут медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України» (що передбачено Пропозицією), який має досвід роботи з РФП ядерної медицини, а також кафедри ядерної та медичної фізики фізико-технічного факультету ХНУ;

– істотним чинником, що сприятиме реалізації Пропозиції зі створення центру (як додаткової навчальної бази), може бути підготовка молодих кадрів на фізико-технічному факультеті ХНУ за вже акредитованою освітньо-науковою програмою «Медична фізика»;

– наявність перевіреної на практиці методики отримання РФП «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » та «Етанол,  $^{11}\text{C}$ » на прискорювачі електронів ННЦ ХФТІ [2, 3, 9].

Організаційно-виконавці, які передбачається залучити до реалізації Пропозиції:

1. ННЦ ХФТІ НАН України;

2. Харківський національний університет (фізико-технічний факультет, медичний факультет);

3. ДУ «Інститут медичної радіології імені С. П. Григор'єва НАМН України».

## ВИСНОВКИ

1) Вперше в Україні отримані радіофармацевтичні препарати «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » та «Етанол,  $^{11}\text{C}$ » з активностями, необхідними для ПЕТ-діагностики. Використання фотоядерного методу напрацювання ізотопів  $^{11}\text{C}$  та методології отримання РФП, мічених цими ізотопами, являють собою альтернативу існуючим методам створення РФП.

2) Розроблена авторами статті технологія виробництва РФП з ізотопами  $^{11}\text{C}$  та використання класичної технології отримання РФП «Фторглюкоза,  $^{18}\text{F}$ » (з напрацюванням на циклотроні) відкривають перспективу створення в Харківському регіоні ПЕТ-центру, структуру та принципи функціонування якого викладено в розділі «Пропозиції зі створення центру позитрон-емісійної томографії...»

3) Реалізація I етапу Пропозиції дасть можливість мати в Харківському регіоні типовий Центр ПЕТ-діагностики, як загальноприйнято в усьому світі. За сприятливих умов (безкоштовна поставка циклотрона («baby» cyclotron) та ПЕТ-томографа) вартість I етапу визначатиметься лише вартістю ліцензійної технології створення РФП «Фторглюкоза,  $^{18}\text{F}$ » та вартістю спорудження трубопроводу пневмопошти. Завдяки цьому I етап є найменш вартісним та заслуговує на ретельну увагу!

4) Реалізація II етапу дасть можливість створити перший у світі, унікальний ПЕТ-центр з можливістю

лікування раку новим РФП «Етанол,  $^{11}\text{C}$ » [3], який розроблено в ННЦ ХФТІ НАН України після дослідження американськими дослідниками методу лікування раку звичайним етанолом [4, 5]. Вартість етапу буде визначатись вартістю мікротрона ММ-50 (Scanditronix).

5) Пропозиція не передбачає високовартісного та тривалого капітального будівництва будівель для ПЕТ та прискорювачів, що значно здешевлює та скорочує терміни реалізації Пропозиції.

6) Взаємодоповнення характеру наведених вище факторів, включаючи територіальне сусідство та адміністративно-організаційну підпорядкованість основних об'єктів Пропозиції, а також науково-ідейна зацікавленість наукових та медичних установ у досягненні кінцевої мети сприятимуть практичній реалізації Пропозиції.

## ПОДЯКИ

Автори висловлюють щирі подяки за сприяння та корисні зауваження при обговоренні Пропозиції:

Шульзі М. Ф. — генеральному директору ННЦ ХФТІ НАНУ,

Красносельському М. В. — директору ДУ «ІМР НАМН України»,

Старенькому В. П. — завідувачу відділення променевої терапії ДУ «ІМР НАМН України»,

Коломенському М. В. — начальнику СМСЧ № 13,

Рудичеву В. Г. — провідному науковому співробітнику фізико-технічного факультету ХНУ імені В. Н. Каразіна.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Проект Північно-Східного регіонального Центру позитрон-емісійної томографії* / А. М. Довбня, М. П. Дикий, А. С. Задворний та ін. // Укр. радіол. журн. — 1999. — № 7. — С. 316–317.

2. *Довбня А. М. Спосіб отримання радіофармацевтичного препарату «Глюкоза,  $^{11}\text{C}$ » для ПЕТ-томографії* / А. М. Довбня, Б. І. Шраменко // Патент України № 28463/3А/18 від 27.11.2018 р.

3. *Довбня А. М. Радіофармацевтичний препарат з ізотопом  $^{11}\text{C}$  та спосіб його отримання* / А. М. Довбня, Б. І. Шраменко // Номер заявки на патент України № а2018 03682. Зареєстровано 05.04.2018 р. (Заявку присвячено створенню нового фармацевтичного препарату «Етанол,  $^{11}\text{C}$ », який суттєво удосконалює метод лікування раку, описаний в роботах [4, 5], забезпечуючи візуалізацію процесу лікування).

4. *Markus Schober, Ph. D. and Elaine Fuchs, Ph. D., Rockefeller University. New Low-Cost Cancer Treatment Could Kill Tumors With Ethanol*, Nature Scientific Reports, Sept. 2017. (<https://futurism.com/new-low-cost-cancer-treatment-could-kill-tumors-with-ethanol/>).

5. *Development of enhanced ethanol ablation as an alternative to surgery in treatment of superficial solid tumors* / Robert Morhard et al. // Scientific Reports 7, Article number 8750. Published:18-Aug-2017.doi:10.1038/s41598-017-09371-2 PMID: PMC5562881 PMID: 28821832

6. *Розробка в ННЦ ХФТІ фотоядерної технології виробництва медичних радіонуклідів* / М. І. Айзацький, Е. З. Біллер, В. Н. Борискін та ін. // Укр. радіол. журн. — 2007. — № 2. — С. 221–223.

7. *Одержання  $\text{Cu-67}$  без носія на прискорювачі електронів* / М. І. Айзацький, М. П. Дикий, А. М. Довбня та ін. // Укр. радіол. журн. — 2007. — № 2. — С. 223–227.

8. *About the use in nuclear medicine of pharmaceuticals on the basis of the isotope  $^{18}\text{F}$  and its achievements on linear electron accelerators of NIK «Accelerator»* / A. I. Azarov, A. N. Dovbnya, M. A. Dolzhec et al. // Problems of Atomic Science and Technology. Series «Nuclear Physics Investigations». — 2017, N 6. — P. 133–136.

9. *Production of  $^{11}\text{C}$  and  $^{18}\text{F}$  isotopes. Getting the «Glucose,  $^{11}\text{C}$ » radiopharmaceutical* / A. N. Dovbnya, R. N. Dronov, V. A. Kushnir et al. // East European Journal of Physics (EEJP). — 2018. — Vol. 5, N 4. — P. 77–86.

Стаття надійшла до редакції 05.01.2019.



В. А. ВОРОНКО<sup>1</sup>, Р. Н. ДРОНОВ<sup>1</sup>, Б. И. ШРАМЕНКО<sup>1</sup>, И. В. БЕЛОЗЕРОВ<sup>2</sup>, И. А. ГИРКА<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт НАН Украины»*

<sup>2</sup> *Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина*

### **ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОФАРМАЦЕУТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ «ГЛЮКОЗА, <sup>11</sup>C» И «ЭТАНОЛ, <sup>11</sup>C» ДЛЯ ПОЗИТРОН-ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ НА УСКОРИТЕЛЯХ ННЦ ХФТИ**

Сверхкороткоживущие изотопы <sup>18</sup>F и <sup>11</sup>C для позитрон-эмиссионной томографии (ПЭТ) получают на ускорителе протонов — циклотроне или фотоядерным методом на линейном ускорителе электронов или микротроне. В ННЦ ХФТИ успешно реализована на практике возможность получения новых РФП, меченных изотопом <sup>11</sup>C, готовых к использованию для ПЭТ-диагностики и лечения. Обязательным условием эффективного функционирования ПЭТ-центра является размещение используемого ускорителя в непосредственной близости от ПЭТ-томографа. Такому условию удовлетворяет вариант ПЭТ-центра, при котором ПЭТ-томограф и ускорители (циклотрон, микротрон) размещаются в соседних зданиях ХНУ, а транспортировка фармпрепаратов, меченных изотопами <sup>11</sup>C и <sup>18</sup>F, осуществляется с помощью пневмопочты. Реализация Предложения позволит иметь в Харьковском регионе не только типичный центр ПЭТ-диагностики, но и создать уникальный Центр лечения рака новым радиофармпрепаратом «Этанол, <sup>11</sup>C», полученным исследователями ННЦ ХФТИ НАНУ после исследования в США метода лечения рака обычным этанолом.

**Ключевые слова:** позитрон-эмиссионная томография, циклотрон, микротрон, радиофармпрепарат, «Глюкоза, <sup>11</sup>C», «Этанол, <sup>11</sup>C», лечение рака.

V. VORONKO<sup>1</sup>, R. DRONOV<sup>1</sup>, B. SHRAMENKO<sup>1</sup>, I. BELOZIOROV<sup>2</sup>, I. GIRKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *National Science Center Kharkov Institute of Physics and Technology*

<sup>2</sup> *V. N. Karazin Kharkiv National University*

### **POSSIBILITIES OF OBTAINING RADIOPHARMACEUTICALS «GLUCOSE, <sup>11</sup>C» AND «ETHANOL, <sup>11</sup>C» FOR PET TOMOGRAPHY ON ACCELERATORS OF NSC KHIPT**

Ultra-short-lived isotopes <sup>18</sup>F and <sup>11</sup>C for positron emission tomography (PET) are usually obtained using a cyclotron proton accelerator or by photonuclear method using linear electron accelerator or microtron. In the NSC KHIPT, the possibility of obtaining new radiopharmaceuticals labeled with the <sup>11</sup>C isotope, ready for use for PET diagnostics and treatment, has been successfully implemented in practice. The prerequisite for the effective operation of the PET center is the placement of the accelerator in close proximity to the PET tomograph. Such a condition is satisfied in the proposed PET center version. The PET tomograph and accelerators (cyclotron, microtron) are suggested to be located in the existing neighboring buildings of the KhNU. Transportation of the pharmaceuticals labeled with isotopes <sup>11</sup>C and <sup>18</sup>F is planned to be carried out by means of pneumatic mail. Implementation of the Proposal will allow establishing not simply a typical PET diagnostic center in the Kharkiv region. A unique cancer center will be established based on the new radiopharmaceuticals «Ethanol, <sup>11</sup>C». These radiopharmaceuticals are already obtained by the researchers of the NSC KHIPT of the National Academy of Sciences of Ukraine after the development of the method for cancer treatment with normal ethanol in the United States.

**Keywords:** positron emission tomography, cyclotron, microtron, radiopharmaceutical, «Glucose, <sup>11</sup>C», «Ethanol, <sup>11</sup>C», cancer treatment.

#### **Контактна інформація:**

Роман Миколайович Дронов

провідний інженер-дослідник Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут НАН України»

тел.: +38 (057) 335-64-87