

**В.Ю. Сторіжко, О.М. Калінкевич**

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

## ЯДЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ І ЕЛЕКТРОФІЗИЧНА АПАРАТУРА ДЛЯ МЕДИЦИНИ



Обговорюються можливі шляхи організації виробництва в Україні прискорювачів заряджених частинок та іншої електрофізичної апаратури для ранньої діагностики і терапії онкологічних захворювань.

Ключові слова: ядерна медицина, електрофізична апаратура, радіофармпрепарати, діагностика, терапія.

### ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ

Захворювання на рак в Україні і світі стрімко зростають і вийшли на друге місце після серцево-судинних захворювань. За даними Національного канцер-реєстру України в країні щороку реєструється більш ніж 160 тисяч нових онкологічних захворювань, тобто на кожні 50 жителів України — 1 онкохворий. У зв'язку зі зниженням народжуваності і «старіння» населення ця негативна тенденція буде зберігатися. За підрахунками Національного інституту раку МОЗ України внаслідок смертності від раку Україна щорічно втрачає 270 тисяч людино/років в працездатному віці. Разом з серцево-судинними захворюваннями онкологічні захворювання визначають здоров'я нації, тобто ця проблема стає проблемою національної безпеки України.

Головною проблемою боротьби з раком є низький рівень своєчасної діагностики раку на 1-й і 2-й стадії захворювання. Біля 60 % зареєстрованих вперше онкозахворювань виявляються на 3-й і 4-й стадії, коли стійке одужання стає неможливим. З цієї причини рівень п'ятирічного виживання онкохворих в Україні складає 41,4 %, водночас у розвинених країнах

цей показник сягає 64 % та до 2013 р. планує вийти на рівень 80 %.

Як свідчить світовий досвід, ефективність допомоги онкохворим прямо залежить від рівня впровадження в медичну практику сучасних методів ядерної медицини. За оцінками в Україні відставання в цій галузі від розвинених країн складає 10–20 років. За рік у нашій країні проводиться 81 радіодіагностичне дослідження на 1000 чоловік. В Україні використовують 18 радіодіагностичних методів *in vivo* і 30 *in vitro*, 15 радіофармацевтичних препаратів (РФП) на основі 6 радіонуклідів для сцинтиграфії і однофотонної комп'ютерної томографії (КТ); 30 різновидів наборів для радіоімунологічного аналізу (RIA). На сьогодні відпрацьовуються технології з використанням  $^{18}\text{F}$ -ФДГ (фтордегідроглюкози). Потреба в РФП в цілому задовольняється на 60 % (через недостатнє фінансування їх закупівлі і високу вартість імпортованих препаратів). На цей час в Україні не виробляється жоден радіофармпрепарат і відсутнє виробництво прискорювачів медичного призначення для променевої та нейтронної терапії онкозахворювань.

Розвиток ядерної медицини і ядерних технологій в розвинених країнах дає можливість досягти значних успіхів у подоланні онкозах-

ворювань. Так, згідно з рекомендацією Європейської комісії «European Partnership for Action Against Cancer for the period 2009–2011» в країнах Євросоюзу впроваджується масовий скринінг, в тому числі 100%-ий скринінг для деяких найбільш розповсюджених форм онкозахворювань. Згідно з цими рекомендаціями у 2013 р. передбачається проведення 125 млн. діагностичних досліджень щорічно. Подібні амбіційні цілі ставляться в США, Японії і Росії. Зокрема, проектом програми «Развитие ядерной медицины в Российской Федерации» передбачається:

- ✦ створення конкурентноздатного на світових ринках діагностичного і лікувального обладнання, зокрема промислового виробництва радіофармпрепаратів, яке повністю забезпечить потреби медицини РФ, а також виробництво щорічно 3000 препаратів для України, Білорусії і Казахстану;
- ✦ створення в безпосередній близькості до наукових ядерних центрів трьох спеціалізованих центрів ядерної медицини в Дмитровграді, Обнінську і Томську (центри будуть оснащені циклотронами, нейтронними установками, в т. ч. і найбільш ефективними установками протонної терапії);
- ✦ виробництво на підприємствах ДП «Росатому» необхідного електрофізичного обладнання для променевого лікування — циклотрони, лінійні прискорювачі, гама-ножі, обладнання для брахітерапії.

Сучасна медична практика насичена радіаційними та ядерними технологіями. Наразі щорічно у світі проводиться біля 2 млрд. рентгенівських діагностичних досліджень, 35 млн. ядерно-медичних досліджень і 6,5 млн. радіо-терапевтичних процедур, і ця тенденція зростає. Майже 95 % онкозахворювань визначаються радіологічною діагностикою (див. табл. 1).

Уявлення про обсяги необхідних терапевтичних процедур для України дає табл. 2, яка базується на матеріалах конференції з ядерної медицини в Церні (2010 р., Швейцарія).

Надзвичайно висока ефективність лікування онкозахворювань за допомогою адронної те-

рапії викликала справжній «бум» у будівництві центрів адронної терапії — в США збудовано 7 і в стадії будівництва 6 центрів, в Європі введені в експлуатацію або будуються більш ніж 10 центрів протонної терапії і 5 центрів вуглецевої терапії (рис. 1).

Швидке будівництво центрів ядерної медицини спостерігається і в Росії. Ці центри знаходяться в містах, у яких розміщені відомі ядерні центри, що дає можливість реалізувати революційні досягнення адронної і нейтронної терапії. Для забезпечення цих потреб в Україні необхідно збудувати 4–5 центрів протонної терапії і один центр вуглецевої терапії.

Україна має необхідний і достатній науково-технічний потенціал і висококваліфіковані кадри для створення сучасної вітчизняної науково-виробничої інфраструктури ядерної медицини.

Таблиця 1

**Розрахунки необхідної кількості устаткування для ядерної медицини в Україні згідно з рекомендаціями ВООЗ**

Найменування	Потреба на 1 млн. населення	Потреба в Україні, шт.
Магніторезонансний томограф	14,2	640
Гамма-камери і ОФЕКТ	2,2	100
Позитрон-емісійний томограф	1,6	70
Лінійний прискорювач	3	140
Циклотрон	0,7	30

Таблиця 2

**Обсяги необхідних терапевтичних процедур для України**

Рентгенівська терапія на базі лінійних прискорювачів електронів	~ 100 тис. процедур/рік
Адронна терапія, в тому числі:	
Протонна терапія на базі циклічних прискорювачів протонів	~ 15 тис. процедур/рік
Терапія з іонами вуглецю на базі синхротронів	~ 3 тис. процедур/рік



Рис. 1. Центри адронної терапії онкологічних захворювань в Європі

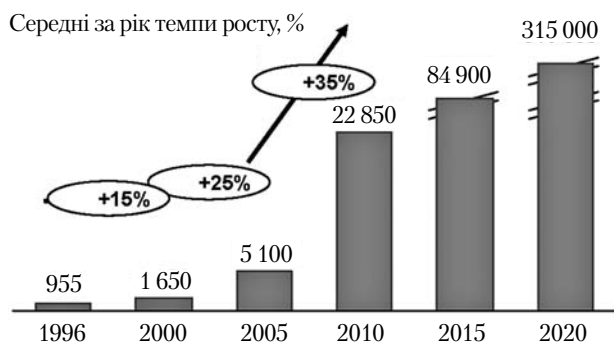


Рис. 2. Зростання світового ринку продукції і послуг ядерної медицини (млн. дол. США (експертно))

Зокрема, розроблення технологій виробництва радіофармпрепаратів розпочато на базі циклотронів і лінійних прискорювачів електронів в ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України, а також на базі дослідного реактора і циклотронів Інституту ядерних досліджень НАН України. В НТК «Інститут монокристалів» НАН України розроблено і впроваджено в медичну практику однофотонний емісійний томограф ОФЕКТ-3. В Інституті прикладної фізики НАН України на базі прискорювача іонів ведуться фундаментальні дослідження процесів взаємодії прискорених іонів з біологічними тканинами. Розпочато роботи по

спорудженню прискорювача іонів з енергією до 6 МеВ для виробництва ультракороткоживучих ізотопів та імітаційних експериментів з одинокими іонами для відпрацювання технології променевої терапії протонами та іонами.

Зазначені вище розробки в ряді випадків мають переваги перед закордонними виробниками, тому є всі підстави розраховувати на швидке створення вітчизняного конкурентноздатного виробництва радіофармпрепаратів, прискорювачів і діагностичного обладнання для потреб медицини в Україні і на експорт.

Для розгортання вітчизняного виробництва електрофізичного обладнання необхідно максимально використати існуючу матеріальну базу приладобудівних підприємств України, в першу чергу одного з найбільших в Україні приладобудівних підприємств ВАТ «SELMІ», яке має висококваліфіковані кадри та всі необхідні технології і обладнання для виробництва електрофізичного обладнання. Це дасть можливість створити вітчизняне виробництво сучасних радіофармпрепаратів нового покоління у відповідності до міжнародних вимог GMP і електрофізичне обладнання для діагностики і лікування найбільш поширених в Україні онкологічних, серцево-судинних і неврологічних захворювань. Створення виробництва цієї конкурентноздатної продукції вирішить питання імпортозаміщення продукції для ядерної медицини, надасть нові робочі місця. Україна має всі шанси взяти участь у забезпеченні потреб світового ринку продукції і послуг в галузі ядерної медицини. Про швидке зростання цього сегменту ринку свідчать всі експертні оцінки (рис. 2).

### 1. РОЗРОБКА І ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ ЯДЕРНОЇ МЕДИЦИНИ

Умовно електрофізичну апаратуру, яка використовується в ядерній медицині, можна поділити на такі групи:

1) лінійні прискорювачі електронів з енергією від 5 до 20 МеВ для променевої терапії;

2) циклічні прискорювачі (циклотрони і синхротрони) для напрацювання РФП і адронної променевої терапії;

3) джерела нейтронів для виробництва РФП і напрацювання нейтронної терапії;

4) апаратура для діагностики (гама-камери, однофотонні емісійні томографи, позитронні емісійні томографи, ядерні магнітно-резонансні томографи);

5) технологічне обладнання (дозиметричний контроль, системи типометрії і планування, системи візуального контролю, системи іммобілізації та ін.).

З урахуванням необхідності великої кількості необхідної електрофізичної апаратури і її високої вартості (вартість обладнання сучасного центру ядерної медицини складає залежно від рівня складності від 10 до 100 млн. доларів США) закупівля лише імпоротної апаратури призведе окрім значних фінансових витрат до край неефективного його використання. За даними Асоціації медичних фізиків Росії ефективність використання імпоротної електрофізичної апаратури поставленої в останні роки в клініки РФ складає 10 % (в США — 90 %). Серед головних причин неефективного використання апаратури в першу чергу треба назвати:

- ✦ відсутність до недавнього часу конкурентноздатного виробництва електрофізичної апаратури;
- ✦ відсутність системи інженерно-технічного обслуговування апаратури; відсутність коштів в лікувальних закладах на експлуатацію апаратури (в розвинених країнах приблизно 10–15 % від вартості обладнання щорічно);
- ✦ помилки при проектуванні центрів (некомплексність постачання);
- ✦ відсутність висококваліфікованих медичних фізиків в клініках і ін.

Нехтування цим негативним досвідом завдасть значних матеріальних і моральних втрат, не дасть можливості досягти очікуваного ефекту і в результаті призведе до дискредитації державної політики в галузі охорони здоров'я.

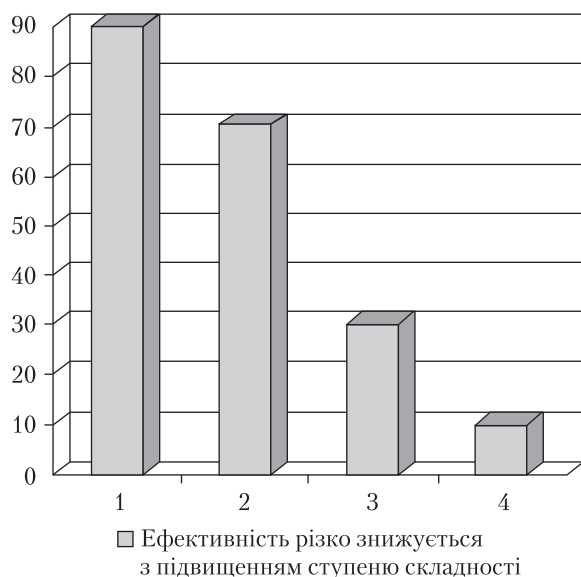
Для потреб розвитку вітчизняної ядерної медицини доцільно було б створити спеціалізоване виробництво на підприємствах України, які мають досвід випуску електрофізичної продукції, науково-технічні кадри і відповідні технології. Враховуючи специфіку виробництва (робота з джерелами випромінювання), для цього можна використати промислову інфраструктуру ВАТ «SELMІ» (м. Суми), де вже є необхідні ключові передумови:

- ✦ висококваліфіковані кадри;
- ✦ спеціалізовані приміщення, пристосовані для роботи з іонізуючим випромінюванням;
- ✦ основне і допоміжне обладнання та технологія для виробництва електрофізичної апаратури вищої категорії складності.

Наукове забезпечення цього виробництва мають здійснювати профільні наукові установи Відділення ядерної фізики і енергетики НАН України. Наявність постійного наукового супроводу виробництва і обслуговування обладнання і, як наслідок, створення корпусу вітчизняних кваліфікованих кадрів у цій галузі дозволить уникнути небезпеки неефективного використання складного медичного обладнання, в т. ч. обладнання для ядерної медицини — проблеми, яка вже є актуальною для Російської Федерації. Так, за даними Асоціації медичних фізиків Росії ефективність встановлених в клініках РФ прискорювачів складає 10 % (в США — 90 %). Ефективність використання обладнання різко зменшується при використанні обладнання вищої складності (рис. 3).

## 2. РОЗРОБКА ТА ВИРОБНИЦТВО РАДІОФАРМПРЕПАРАТІВ

Як зазначено вище, в нашій країні використовують лише 18 радіодіагностичних методів *in vivo* і 30 *in vitro*, в той час як у розвинених країнах — близько 130 радіодіагностичних методів *in vivo* і біля 60 методів *in vitro*. З урахуванням закордонного досвіду розробки та виробництва радіофармпрепаратів стратегію створення їх виробництва в Україні на першому етапі доцільно будувати на базі існуючих ядерних



**Рис. 3.** Аналіз ефективності використання променевих апаратів (за результатами постійного моніторингу Асоціації медичних фізиків Росії): 1 – відносно просте обладнання 90 %; 2 – обладнання середньої складності 70 %; 3 – комплекси високої складності (КВС) 30 %; 4 – КВС з урахуванням ступеню використання функціональних можливостей 10 %

центрів: Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» НАН України, Інституту ядерних досліджень НАН України і Інституту прикладної фізики НАН України, які мають необхідну інфраструктуру для роботи з іонізуючим випромінюванням, висококваліфіковані кадри, а також оформлені у відповідності з вимогами Державного Комітету ядерного регулювання (ДКЯР) України для роботи з джерелами випромінювання. Такий підхід дасть суттєву економію бюджетних коштів.

У зв'язку з тим, що РФП в Україні не виробляються, потреби ядерної медицини задовольняються за рахунок постачання їх із Польщі, Росії, Узбекистану та Чехії, до того ж не в повній мірі через високу вартість імпортової продукції і недостатність державного фінансування закупівель. Номенклатура РФП, які постачаються в Україну, зведена до мінімуму. Спеціалісти з ядерної медицини в Україні не мають можливості застосувати нові найбільш

перспективні методики радіонуклідної діагностики та терапії, які широко використовуються в інших країнах.

Водночас в Україні є всі можливості для виробництва вітчизняних РФП з використанням існуючих дослідницького реактора, прискорювачів електронів і іонів в установах Відділення ядерної фізики і енергетики НАН України після їх дооснащення необхідним обладнанням, модернізації і приведення приміщень у відповідність до міжнародних вимог GMP. Надалі необхідно створити й установити нові вітчизняні циклотрони для отримання радіофармацевтичних препаратів.

### 3. ОРГАНІЗАЦІЯ РОЗРОБОК І ВИРОБНИЦТВА ПРИСКОРЮВАЧІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ РФП І ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ

В Україні багаторічний досвід і пріоритет з розробки лінійних прискорювачів має Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» (ННЦ «ХФТІ»), виробництво ж прискорювачів цього типу зосереджено в Росії. В провідному підприємстві Росатому – Науково-дослідному інституті електрофізичної апаратури (ФГУП) ім. Д.В. Єфремова – налагоджено серійний випуск прискорювачів нового покоління для радіотерапії «Елтус-6М». З цим підприємством уже розглянута можливість розгортання виробництва лінійних прискорювачів для медицини на ВАТ «SELMI» і погоджено плани нових розробок спільно з ННЦ «ХФТІ» і Інститутом прикладної фізики (ІПФ) НАН України.

Досвіду з розробки і виробництва циклічних прискорювачів Україна не має. Існуючі циклотрони для наукових досліджень в Інституті ядерних досліджень (ІЯД) НАН України поставлені з Росії, циклотрони для напрацювання РФП постачаються закордонними виробниками. З метою створення виробництва сучасних циклотронів для медицини в Росії в ФГУП «НДІЕФА» спільно з фірмою Philips розроблена низка циклотронів СС-12, СС-18/9 і СС-30/15. З цією організацією проведено до-

мовленості щодо кооперації з виробництва циклотронів на ВАТ «SELMІ» з використанням потужностей Новокраматорського машинобудівного заводу НКМЗ (м. Краматорськ) для виготовлення магнітопроводів циклотронів.

З урахуванням необхідності впровадження нових перспективних технологій для нейтронної, протонної і іонної терапії, створення кластеру стартап-компаній з провідними фірмами — Siemens, Elekta, Varian і ін., які вже працюють на ринку медичних послуг в Україні — є великі шанси на успіх.

Спільно з ФГУП «Науково-дослідний інститут ім. Д.В. Єфремова» розроблено інноваційний проект «Разработка и производство электрофизической аппаратуры для нужд ядерной медицины стран СНГ» міждержавної цільової програми інноваційного співробітництва держав-учасників СНД на період до 2020 р.

#### **4. РОЗРОБКА І ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ**

На сьогодні промислове виробництво сучасних томографів для ранньої діагностики захворювань в Україні практично відсутнє. Єдиним розробником і виробником діагностичного обладнання для ядерної медицини є МНТК «Інститут монокристалів» НАН України, який розробив і розпочав впровадження в медицину однофотонного емісійного комп'ютерного томографа (ОФЕКТ) і гама-камери. Розробка і виробництво інших надзвичайно важливих томографів — ядерно-магнітних резонансних томографів (ЯМРТ) і позитрон-емісійних томографів (ПЕТ) — в Україні не проводяться. Слід відзначити бурхливий розвиток цього напрямку шляхом створення гібридних томографів (ОФЕКТ-КТ, ПЕТ-КТ, МРТ-ПЕТ), впровадження позиційно-чутливих детекторів з високою просторовою роздільною здатністю, підвищення яскравості джерела рентгенівського випромінювання тощо. Окрім постійного підвищення експлуатаційних параметрів обладнання зменшується радіаційне навантаження

на пацієнтів. Останнім часом на ринку з'явилися мобільні ПЕТ-томографи, що дозволяє зробити цей різновид діагностики більш доступним для населення.

#### **4.1. Розробка і виробництво гама-камер і однофотонних емісійних томографів**

Розробку і виробництво цього діагностичного обладнання доцільно зосередити на дослідно-виробничій базі МНТК «Інститут монокристалів» НАН України (м. Київ). Цей інститут має унікальні технології вирощування кристалів і створення на їх основі детекторів іонізуючого випромінювання. Про рівень цих технологій свідчать замовлення для колайдера в Церні (Швейцарія), Об'єднаного інституту ядерних досліджень (Дубна, Росія), оснащення ОФЕКТ томографів в РФ. Передбачається дослідно-конструкторські роботи з метою створення конкурентоздатного обладнання, розроблення гібридних томографів ОФЕКТ-КТ.

#### **4.2. Розробка і виробництво МРТ- і ПЕТ-томографів**

У зв'язку з відсутністю необхідної інфраструктури в Україні для виробництва МРТ- і ПЕТ-томографів передбачається створення стартап-компаній разом з провідними західними фірмами для організації збирання, постачання і сервісного обслуговування цього складного обладнання. Найбільш вірогідними партнерами у створенні спільних підприємств є фірми Siemens, Philips і ін., які вже працюють в Україні і розпочали виробництво гібридних томографів МРТ+ ПЕТ. Науковий супровід в частині МРТ-томографів може здійснювати Донецький фізико-технологічний інститут НАН України, в частині ПЕТ-томографів — ІПФ НАН України, в яких проводяться науково-дослідні роботи цього профілю.

#### **4.3. Розробка та виробництво обладнання для скринінгу інкорпорованих радіонуклідів в організмі людини**

У зв'язку з постійно зростаючим обсягом використання радіоіотопів в медицині питань

ня безпеки пацієнта і персоналу медичних закладів, які застосовують відкриті і закриті джерела іонізуючого випромінювання, є надзвичайно актуальними. В Інституті геохімії навколишнього середовища НАН України розроблено автоматизований комплекс експресної оцінки радіоактивного забруднення організму людини «Скрінер». Цей прилад пройшов багатотривалу медичну апробацію у профільних медичних центрах України, Росії та інших країн СНД і отримав золоту медаль на міжнародному конкурсі в Брюсселі.

Доцільно доопрацювати цей комплекс з метою підвищення його чутливості і підготовки до серійного виробництва для оснащення онкологічних центрів.

#### **4.4. ДІАГНОСТИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗБАГАЧЕНИХ СТАБІЛЬНИХ ІЗОТОПІВ**

Ця технологія не пов'язана з опромінюванням пацієнтів і використовує фармпрепарати на основі збагачених стабільних ізотопів. Одним з найбільш перспективних напрямів є тести дихання, які дозволяють здійснювати експресну діагностику кишково-шлункових захворювань (уреазний тест для визначення бактерії Хелікобактер) та аналіз функції печінки. В ІПФ НАН України буде створено компактний мас-спектрометр, розроблено технологію діагностичних процедур з використанням збагаченого ізотопу вуглецю-13 та налагоджено промислове виробництво необхідного обладнання.

#### **5. ПЕРСПЕКТИВНІ ЦІЛЕСПРЯМОВАНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКИ**

За дорученням Кабінету Міністрів України і відповідно до рішення Колегії Державного агентства з питань науки, інновацій та інформатизації України розроблено концепцію Державної програми з розвитку ядерної медицини. Ця програма охопить найбільш перспективні напрями подальшого розвитку ядерної медицини і буде виконуватись науковими установами НАН України, НАМН України, МОН України і МОЗ України. Реалізація програми забезпечу-

ватиме конкурентоспроможність вітчизняного виробництва електрофізичної апаратури медичного призначення. Програмою передбачено, зокрема, розвиток таких нових напрямів:

**а) Засоби адресної доставки радіофармпрепаратів і фармпрепаратів зі стабільними ізотопами.**

Подальше підвищення ефективності радіонуклідної діагностики і терапії пов'язане з розробленням засобів їх адресної доставки. Програмою передбачається розроблення наноносіїв (у т.ч. з використанням магнітних рідин) і фізичних методів управління адресною доставкою фармпрепаратів до враженого захворюванням органу.

**б) Нейтронна і нейтрон-захоплююча терапія.**

На сьогодні клінічною практикою доведена висока ефективність нейтронної терапії для онкологічних захворювань, які не піддаються лікуванню за допомогою електронів і фотонів. За станом на 2008 р. у світі було проведено більш ніж 30 тис. терапевтичних операцій з використанням нейтронних джерел. В Україні нейтронна терапія не використовується. Водночас в ІЯД НАН України накопичено значний досвід розробок нейтронних генераторів, в ННЦ «ХФТІ» НАНУ розроблені джерела нейтронів на базі прискорювачів і споруджується сучасне джерело нейтронів на базі підкритичної збірки. Остання розробка дасть можливість отримувати ультрахолодні нейтрони, які будуть транспортуватися до ушкодженого органу по спеціальних нейтроновиходах.

**в) Розроблення джерел монохроматичного рентгенівського випромінювання на базі прискорювачів.**

В ІПФ НАН України спільно з ІМФ НАН України будуть проводитися дослідження і розробки апаратури для реалізації режиму фазового контрасту при рентгенологічних оглядах, що дозволить суттєво знизити променеве навантаження на пацієнтів. З метою зменшення експозиції при обстеженні будуть використовуватися рентгенівські лінзи.

### г) Розроблення позиційно-чутливих детекторів для томографів наступного покоління.

Передбачається розроблення і виробництво об'єднаними зусиллями ІЯД НАН України, ІПФ НАН України, МНТК «Інститут монокристалів» НАН України і ННЦ «ХФТІ» НАН України стріпових напівпровідникових і металевих детекторів з високою просторовою здатністю. Впровадження цих детекторів дозволить підвищити ефективність роботи однофотонних і позитрон-емісійних томографів.

### ВИСНОВКИ

Отже, є всі підстави говорити про нагальну необхідність розробки національного проекту з ядерної медицини, спрямованого на розбудову власного виробництва електрофізичної апаратури для діагностики і терапії.

*Автори висловлюють подяку члену-кореспонденту НАН України А.М. Довбні (Інститут фізики високих енергій та ядерної фізики ННЦ «ХФТІ», м. Харків) та канд. фіз.-мат. наук В.В. Тришину (Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ) за допомогу у доборі матеріалу для даної статті.*

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Медицина фізика: сучасний стан, проблеми, шляхи розвитку. Новітні технології.* — Матеріали 1-го міжнародного семінару, 2–3 червня 2011 р., м. Київ, КНУ ім. Т. Шевченка, 2011. — 167 с.
2. *Nuclear medicine; Physics, Engineering and Practice.* International Conference. — Conference material notes, 19–

21 September 2011, Kharkov // State Agency on Science, Innovation and Informatization of Ukraine, 2011. — 153 p.

3. *ICTR-PHE 2012* — International Conference on Translation Research in Radiation Oncology / Physics for Health in Europe, 27 February — 2 March 2012, Geneva, Switzerland // Radiotherapy & Oncology. — 2012. — Vol. 102. — Suppl. 1. — P. S1–S205.

*В.Е. Сторижко, А.Н. Калинкевич*

### ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

Обсуждаются возможные пути организации производства в Украине ускорителей заряженных частиц и другой электрофизической аппаратуры для ранней диагностики и терапии онкологических заболеваний.

*Ключевые слова:* ядерная медицина, электрофизическая аппаратура, радиофармпрепараты, диагностика, терапия.

*V.Yu. Storizhko, A.N. Kalinkevich*

### NUCLEAR TECHNOLOGIES AND ELECTROPHYSICAL EQUIPMENT FOR MEDICINE

The article discusses possible ways of organizing the production of particle accelerators and other electrophysical equipment for cancer early diagnostics and therapy in Ukraine.

*Key words:* nuclear medicine, electrophysical equipment, radiopharmaceuticals, diagnostics, therapy.

Стаття надійшла до редакції 17.01.13