

## ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ В СУЧАСНІЙ МЕДИЧНІЙ РЕНТГЕНОДІАГНОСТИЦІ ТА ШЛЯХИ ДО ЙОГО ЗМЕНШЕННЯ

О. Б. Сіднів<sup>1</sup>, О. М. Перевозніков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України, Київ

<sup>2</sup>Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Київ

Наведено аналіз стану комплексної проблеми обмеження медичного діагностичного опромінення населення України. Зазначено пріоритетні завдання для її вирішення та показано перспективність більш широкого застосування сучасних цифрових рентгенодіагностичних апаратів скануючого типу вітчизняного виробництва.

Сучасний стан розвитку світового суспільства характеризується загостренням потреби підтримання достатнього рівня екологічної безпеки життєдіяльності населення. Технологічна діяльність людства за останні десятиліття стала суттєвим фактором негативного впливу на загальні екологічні показники довкілля. Радіаційні, хімічні, електромагнітні, теплові та інші чинники забруднення навколишнього середовища, що оточує людину, привертають дедалі більшу увагу вчених і фахівців та викликають постійне занепокоєння, а іноді – за реальної чи вдаваної загрози виникнення надзвичайних ситуацій – і велику тривогу громадськості. Тому можна стверджувати, що проблема надійного об'єктивного моніторингу довкілля (у тому числі радіаційного) з метою гарантування потрібного для нормального та комфортного існування людини рівня екологічної безпеки є одним із найактуальніших завдань для підтримання *постійного сталого розвитку в індустріальних країнах світу*.

Після катастрофи на ЧАЕС у населення України виникло практично постійне бажання одержувати зрозумілу та достовірну інформацію про радіаційний стан довкілля – рівень так званого зовнішнього радіаційного фону. Насправді ж сьогодні рівень цього фону вже практично не має відношення до справжніх нагальних питань радіаційної безпеки та радіологічного захисту населення держави. Для більшості українців протягом усього післяаварійного періоду засоби масової інформації є основним джерелом отримання більш-менш об'єктивних відомостей про радіаційний стан довкілля. Замовчування, неповні, нечіткі або суперечливі дані можуть спричинити чималий негативний психоемоційний ефект. Це призводить до недовіри стосовно до одержаної інформації та невдоволення нею і, як наслідок, – до зростання соціально-психологічної напруженості в суспільстві. Справді досить складна проблема коректного оцінювання реального рівня радіаційної небезпеки та очікуваних негативних наслідків, помножена на вкрай низький рівень радіаційно-гігієнічних знань, не дає змоги для більшості населення об'єктивно оцінювати ступінь ризику, спричинений Чорнобильською катастрофою, і реагувати адекватно. Якщо ж говорити про реально наявну й особливо потенційну «чорнобильську загрозу», то вона *полягає не в техногенне підсиленому зовнішньому «фоновому» опроміненні людей, а в постійному істотному додатковому внутрішньому опроміненні*. Це пов'язано зі споживанням у радіаційно-забруднених районах України (зокрема й у деяких селищах Київської області) окремих продуктів, насамперед лісових грибів та ягід, картоплі, молока й м'яса великої рогатої худоби з цієї ж таки місцевості, що містять техногенні радіонукліди. Цю обставину підтверджено багаторічними дослідженнями (зокрема, Науково-го центру радіаційної медицини АМН України) та постійними численними моніторинговими вимірюваннями на мобільних і стаціонарному (експертному) спектрометрах випромінювання людини стосовно до статистично значущих контингентів населення [1].

Тому для України з кола всіх її різноманітних екологічних проблем особливо важливим є завдання, щодо організації надійного захисту населення від негативного впливу радіації – іонізуючого випромінювання різного походження, як природного, так і техногенного, і своєчасного зваженого та об'єктивного інформування. Нині медичне діагностичне опромі-

нення є основним техногенним джерелом опромінення людини та взагалі другим (після природного) за внеском у загальну колективну ефективну дозу опромінення населення з-поміж усіх типів іонізуючого випромінювання, що впливають на людину [2, 3]. За різними незалежними експертними оцінками, внесок саме медичного діагностичного опромінення в зазначену вище загальну ефективну дозу становить не менш як третину. Водночас слід зазначити, що на галузь атомної енергетики, яка є об'єктом підвищеної уваги людської спільноти, за умови штатної роботи вітчизняних АЕС припадає не більш ніж 1 % загальної популяційної ефективної дози опромінення населення [4].

Сучасний стан розвитку світової медицини характеризується постійним нарощуванням обсягів діагностичних досліджень із використанням різних джерел іонізуючого випромінювання, що призводить до збільшення антропогенного дозового навантаження на населення й персонал. Тому одним із головних завдань сталого розвитку вітчизняної медицини в галузі забезпечення рівня радіаційної безпеки, що відповідає світовим стандартам та законодавству України, є розроблення й постійне впровадження заходів щодо зменшення ефективних доз опромінення населення та персоналу саме при проведенні діагностичних радіологічних процедур.

Фахівцям відомо, що основний внесок у загальне медичне діагностичне опромінення населення України (за експертними оцінками до 90–95 % загальної дози) здійснює опромінення пацієнтів при масових (скринінгових) рентгенодіагностичних дослідженнях органів грудної порожнини – флюорографії [2, 5]. Тому саме цьому напрямку слід приділяти першорядну увагу, зокрема в науковому, методологічному, дозиметричному та захисному аспектах. Основні зусилля варто спрямовувати на зменшення опромінення найбільш радіочутливого контингенту – дітей, організм яких розвивається.

Тенденції світового розвитку сучасної променевої діагностики та її основного складника – рентгенодіагностики – незаперечно свідчать, що майбутнє належить цифровим засобам і технологіям медичної візуалізації з широким використанням сучасних цифрових приймачів рентгенівського випромінювання (зокрема, напівпровідникових детекторів). Слід підкреслити, що дедалі ширше впровадження комп'ютерних систем і цифрових технологій у практику рентгенодіагностики, яка є наймасовішим та водночас найконсервативнішим видом медичної візуалізації, забезпечить економічно обґрунтоване, ефективне й істотне зниження променевих навантажень на пацієнтів і персонал при проведенні рентгенологічних досліджень. Забезпечення державної підтримки цього процесу є дуже важливою обставиною для збереження здоров'я людини на нинішньому екологічно напруженому етапі розвитку людської цивілізації. Окрім того, впровадження сучасних цифрових систем і технологій (зокрема, із напівпровідниковими сенсорами іонізуючого випромінювання) в практику рентгенодіагностики (насамперед це стосується профілактичних скринінгових досліджень, що охоплюють практично все доросле населення) допомагає значно підвищити діагностичну інформативність і, відповідно, якість діагностичних процедур. Важливим тут є й економічний аспект, тому що сучасні цифрові технології дають змогу значно знизити матеріалоемність конструкцій рентгенівських апаратів, їхнє енергоспоживання, суттєво збільшити пропускну спроможність при експлуатації та практично відмовитися від потреби повторних знімків, частка яких при використанні аналогових плівкових апаратів становить близько 10 % [6].

Конструкції сучасних цифрових рентген-апаратів, зокрема флюорографів вітчизняного виробництва, залежно від типу приймача (детектора) рентгенівського випромінювання й технології одержання та обробки діагностичного зображення можна умовно поділити на два класи:

*матричні*, у першу чергу класичні ПЗЗ-матриці (прилади із зарядовим зв'язком) й повноформатні матриці на основі різних типів сенсорів, де площа детектора порівнянна з площею легень пацієнта;

*сканувальні*, що діють за принципом сканування вузьким (до 2 мм) віялоподібним рентгенівським променем за кадром зображення [2, 6, 7].

У теорії та практиці радіаційного захисту при аналізі процесів проходження іонізуючого випромінювання через об'єкт діють поняття так званих геометрій опромінення – геометрія вузького та широкого пучка променів, або ж «добра» та «погана» геометрія [8, 2]. Для геометрії вузького пучка характерно те, що детектор, реєструючи виключно нерозсіяне пряме випромінювання, не створює додаткових хибних образів, так званих артефактів медичної візуалізації. Також суттєво знижується дозове навантаження на пацієнта, що переважно створюється за рахунок розсіяного рентгенівського випромінювання. Це додаткове (неінформативне для діагнозу) дозове навантаження в разі застосування традиційної геометрії опромінення широким пучком, що характерно для класичних конструкцій рентген-апаратів (у тому числі з ПЗЗ-матрицями), формується в критичних органах та тканинах за рахунок передачі їм енергії рентгенівського випромінювання при багаторазовому відбиванні променів від щільних середовищ (перш за все різних кісток) тіла людини.

Вітчизняні підприємства накопичили достатній досвід та опанували виробництво сучасних низькодозових рентген-апаратів різного призначення. Зазначмо провідних виробників цієї галузі:

завод рентгенообладнання «Квант» разом з «Укррентгенпромом» (Харків) випускає флюорографічні, рентгенографічні та рентгеноскопичні апарати, конструкція яких ґрунтується на застосуванні ПЗЗ-матриць;

НВО «Телеоптик» (Київ) зосереджено здебільшого на виробництві цифрових систем, де приймачем рентгенівського випромінювання є оригінальні мультикамерні повноформатні матриці на базі ґраток фотодіодів під загальною назвою «Альфа»;

київське ВО «Медапаратура» виробляє пересувні й стаціонарні рентгенівські комплекси різного призначення та флюорографи із цифровою обробкою зображення за класичними схемами;

підприємство «Крас» (Київ) становить найбільший інтерес для нашого аналізу, бо розробляє та випускає різні типи апаратів, починаючи від цифрових на базі певних різновидів матриць і закінчуючи сучасними скануючими конструкціями (із наднизькими рівнями дозового навантаження на пацієнтів) на основі лінійок кремнієвих напівпровідникових сенсорів.

Разом ці підприємства поставляють на вітчизняний ринок не більш ніж кілька сотень апаратів різного призначення на рік. Реальна ж потреба набагато більша, її обмежено тільки браком коштів у замовників та негативною тенденцією закупівлі імпортних апаратів (зокрема, «дешевих» китайського виробництва). Останню обставину зумовлено недосконалим законодавством і подеколи хибною та недалекоглядною тендерною практикою державних закупівель в Україні. Зараз в Україні постійно перебувають в експлуатації понад 10 тисяч рентген-апаратів загального призначення (не враховуючи стоматологічні, бо їхню кількість узагалі дуже важко полічити коректно), значна частина яких (за оцінками експертів, понад 70 %) фізично зношена чи має морально застарілі конструкції із надто високим дозовим навантаженням на пацієнтів та персонал. На таких апаратах в Україні проводять десятки мільйонів діагностичних рентгенологічних досліджень на рік [2]. Тому проблема прискорення заміни та/чи модернізації парку рентгенологічного обладнання з організацією постійного моніторингу цього процесу та його складників набуває в Україні державного значення. Адже переважна більшість медичних установ, де використовують діагностичні рентген-апарати загального призначення, має саме державне підпорядкування.

На наш погляд, при вирішенні загальнодержавної проблеми переоснащення фізично зношених та морально застарілих конструкцій рентген-апаратів для забезпечення потрібного рівня радіаційної безпеки в медичній рентгенодіагностиці України слід більшу увагу приділяти сучасним конструкціям та відповідним цифровим технологіям із наднизькими рівнями дозового навантаження на пацієнтів (зокрема, скануючим, із застосуванням лінійок напівпровідникових сенсорів іонізуючого випромінювання). Підґрунтям цього є те, що використання рентген-апаратів на базі лінійок напівпровідникових детекторів (порівняно з іншими

поширеними типами сучасних цифрових флюоро- й рентгенографічних технологій) дає такі істотні переваги [6, 7, 9, 10, 11]:

за рахунок практичної відсутності *негативного впливу розсіяного рентгенівського випромінювання на приймач рентген-апарата* значно зменшено значення експозиційної дози на кадр необхідної для забезпечення достатньої якості зображення й відповідно, істотно (порівняно з ПЗЗ-матрицями в 10 і більше разів) *знижуються індивідуальні ефективні дози пацієнтів*, які є предметом державного санітарно-гігієнічного нормування та контролю;

значно *підвищено контрастну чутливість* отриманого зображення (рівень контрасту може досягати 0,5 %, що на порядок перевищує вимоги чинних в Україні стандартів) та забезпечено її незначну залежність від дози на кадр, що суттєво зменшує вимоги до оптимального вибору параметрів режиму дослідження й відповідно відсоток бракованих знімків. Такий ефект є наслідком практично цілковитої відсутності впливу розсіяного рентгенівського випромінювання на якість одержаного зображення, а також усунення взаємного негативного впливу (шуму) сусідніх елементів детектування за напрямком сканування лінійки детекторів;

забезпечено *максимально можливий динамічний діапазон* рентген-апарата й відповідно спроможність на одержаному діагностичному зображенні одночасно реєструвати деталі досліджуваного об'єкта на тлі середовищ із різним ступенем поглинання рентгенівського випромінювання, що значно знижує потребу додаткових знімків для уточнення діагнозу;

достатньо *висока роздільна здатність* (до 3÷4 пар ліній/мм) відповідає вимогам більшості скринінгових рентгенологічних досліджень та її забезпечено в усьому діапазоні інтенсивностей випромінювання й реалізовано відносно простими методами й дешевими засобами;

досягнуто *оптимальне співвідношення між якістю медичної діагностики й собівартістю проведення рентгенологічних процедур* (у тому числі за рахунок відносно низьких експлуатаційних витрат, що, зокрема, обумовлено ремонтоспроможністю напівпровідникових лінійок скануючих приймачів);

забезпечується принципова *можливість розроблення конструкцій рентген-апаратів для цифрової візуалізації об'єктів великих розмірів* – аж до одночасного одержання зображення всього тіла людини, що важливо при проведенні клінічної експрес-діагностики політравм у закладах швидкої допомоги. Практична реалізація таких конструкцій загалом неможлива при застосуванні багатьох інших типів приймачів рентгенівського випромінювання.

Можна констатувати, що за таким базовим інтегральним показником, як якість рентгенологічних досліджень, що обумовлено співвідношенням *обсягу одержаної діагностичне корисної інформації на дозове навантаження на пацієнта*, цифрові сканувальні технології медичної рентгенодіагностики значно випереджають інші різновиди сучасних рентгенодіагностичних технологій.

Загалом на шляху вирішення комплексної проблеми обмеження медичного діагностичного опромінення населення в Україні нині можна зазначити такі основні пріоритетні завдання:

1) розроблення та своєчасне впровадження в практику охорони здоров'я нових (гармонізованих із законодавством та регуляторною базою країн ЄС) нормативно-методичних документів щодо радіаційної безпеки й радіологічного захисту, що відтворюють сучасний рівень наукових досягнень, технологічних та економічних можливостей держави;

2) збільшення державних замовлень на технічне переоснащення служби променевої діагностики (насамперед рентгенодіагностики) сучасною вітчизняною низькодозовою діагностичною апаратурою;

3) прискорення процесу модернізації наявних рентгенівських апаратів із оснащенням їх пристроями, що знижують променеве навантаження, та обладнання рентгенівських кабінетів сучасною апаратурою для фотообробки плівки;

4) цілковите та безумовне забезпечення пацієнтів, персоналу й добровольців, які надають допомогу пацієнтам (дітям, інвалідам і травмованим хворим) при проведенні радіоло-

гічних процедур, необхідними засобами й методами радіаційного захисту та за потреби регламентованими приладами індивідуального дозиметричного контролю;

5) розроблення комплексної державної програми контролю якості медичного обладнання із джерелами іонізуючих випромінювань (включаючи питання сертифікації, своєчасного технічного обслуговування й метрологічного контролю) та моніторингу діагностичної якості проведення радіологічних процедур;

б) розроблення та впровадження в медичну практику діагностичних алгоритмів різних захворювань із застосуванням новітніх методів і методик променевої діагностики (у тому числі без використання іонізуючих випромінювань), що забезпечить проведення діагностики на сучасному світовому рівні з одночасним зниженням променевого навантаження на пацієнтів та персонал.

Частка методів променевої діагностики із застосуванням іонізуючого випромінювання в загальному процесі медичної діагностики постійно зростає, у тому числі й при скринінгових дослідженнях, що істотно впливає на загальне дозове навантаження на населення України. Тому доконче потрібно створити й упровадити єдину державну систему моніторингу якості розроблення, виготовлення, сертифікації та експлуатації нових низькодозових цифрових рентген-апаратів і відповідних технологій, що ґрунтується на різнопланових міжгалузевих науково-дослідних роботах і дає змогу істотно знизити дозові навантаження на пацієнтів і персонал та підвищити якість діагностичних процедур. Це може бути досягнуто завдяки організації більш ефективного використання наявних та розроблюваних засобів, методик і технологій цифрової рентгенодіагностики.

Слід зазначити, що саме в медицині зосереджено найбільші потенційні резерви для обмеження та зниження загальних дозових навантажень на населення України з урахуванням найменших витрат і найбільшого ефекту без шкоди для клінічної інформативності та здоров'я людини. Цей пріоритет визнають провідні профільні міжнародні організації, зокрема експерти МАГАТЕ неодноразово констатували потребу зосередити зусилля відповідних інститутів та відомств України на проблемі зменшення дозових навантажень саме в променевої діагностиці, а не тільки на подоланні постчорнобильських проблем радіаційного захисту населення.

Загалом *обмеження медичного діагностичного опромінення в Україні* з огляду на наслідки катастрофи на ЧАЕС та наявності на значній території підвищеного природного радіоактивного фону (переважно пов'язаного з радоном і продуктами його розпаду) є комплексною проблемою загальнодержавного значення. Створення та своєчасне впровадження в практику сучасних засобів, методик і регламентуючих документів моніторингу (постійного контролю) якості розроблення, виготовлення, сертифікації та експлуатації сучасних вітчизняних низькодозових цифрових рентген-апаратів та відповідних технологій дасть змогу гарантувати право громадян України на безпечні для здоров'я умови діагностики й лікування, що значно знизить ризик виникнення радіаційно-індукованих стохастичних ефектів, характерних для дії так званих малих доз радіації. А в часовій перспективі реалізація практичних заходів стосовно до суттєвого зниження ефективних доз медичного діагностичного опромінення допоможе зменшити як загальний рівень онкологічної захворюваності населення України, так і ймовірність очікуваних генетичних порушень та аномалій у новонароджених.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Перевозников О.Н., Ключников А.А., Канченко В.А.* Индивидуальная дозиметрия при радиационных авариях / Под ред. О. Н. Перевозникова. – Чернобыль: Ин-тут проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2007. – 200 с.
2. *Сиднев Д.А.* Физико-технические основы лучевой диагностики и радиационная защита. – К.: Полиграф, 2005. – 204 с.
3. *Тарутин И.Г.* Радиационная защита при медицинском облучении. – Минск: Вышэйшая шк., 2005. – 335 с.

4. *Иванов Е.В., Кальницкий С.А., Якубовский-Липский Ю.О. и др.* Состояние радиационной безопасности при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. Обзорная информация. Т. 5. – М.: ВИНТИ, 2004.
5. *Калмиков Л.З., Корнеева В.В., Петрук Д.А. та ін.* Колективні дози пацієнтів та середні популяційні дози населення, зумовлені опроміненням від рентгено- та радіонуклідної діагностики в Україні // Український радіологічний журнал. –1996. – № 2. – С. 160–166.
6. *Основы рентгенодиагностической техники / Под ред. Н. Н. Блинова.* – М.: Медицина, 2002. – 392 с.
7. *Зеликман М.И.* Цифровые системы в медицинской рентгенодиагностике. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2007. – 208 с.
8. *Козлов В.Ф.* Справочник по радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
9. *Сіднев О.Б., Сіднев Д.О., Саворовський В.Ф.* Скануючі технології в сучасній цифровій рентгенодіагностиці // Радіологічний вісник. – 2007. - № 3(23). – С. 19–20.
10. *Гуржиев С.Н.* Анализ цифровых сканирующих рентгенографических аппаратов и аппаратов с камерами на основе ПЗС-матриц / Медицинский алфавит. – 2005. – № 5. – С. 8–11.
11. *Сіднев О.Б., Сіднев Д.О., Саворовський В.Ф., Дзігуа Т.В.* Дози опромінення пацієнтів при дослідженнях на сучасних цифрових рентгенодіагностичних апаратах. – К.: Поліграф, 2008. – 64 с.

Надійшла до редакції 09.02.09