

**В. П. Старенький, Л. О. Авер'янова\***

Державна установа “Інститут медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України”, 61024 Харків

\*Харківський національний університет радіоелектроніки, 61166 Харків

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ В УКРАЇНІ: СВІТОВИЙ ДОСВІД, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

(Представлено чл.-кор. НАМН України М. І. Пилипенком)

Проведено аналіз світових тенденцій з технологічного удосконалення дистанційної променевої терапії (ДПТ). Визначено модель структурного і технологічного реформування вітчизняної галузі радіаційної онкології, а також умови, які забезпечать у перспективі подолання її технічного відставання. На основі багатофакторного аналізу рівня оснащення центрів ДПТ запропоновано принцип територіальної оптимізації розподілу нових технологічних потужностей та кадрового потенціалу. Необхідною передумовою успішного розвитку галузі є розробка науково обґрунтованої державної програми поетапної комплексної модернізації центрів ДПТ з урахуванням стартового рівня їх технологічного та кадрового забезпечення.

**Ключові слова:** дистанційна променева терапія (ДПТ), мегавольтні апарати ДПТ, лінійний прискорювач електронів, система планування ДПТ, модернізація оснащення променевої терапії, онкорадіологічний кластер.

Пухлинні хвороби нині посідають друге місце у світі за рівнем захворюваності та смертності, поступаючи лише хворобам серцево-судинної системи. За прогнозом ВООЗ, найближчим часом у світі відбуватиметься неспинний приріст онкологічної захворюваності (з 12,7 млн нових випадків у 2008 р. до 22,2 млн у 2030 р.), який охоплюватиме всі країни незалежно від рівня їх розвитку [17, 18]. При цьому зазначається, що до 40 % випадків захворювання на рак можна було б попередити. Близько 72 % смертельних випадків через пухлинні хвороби зафіксовані у країнах з низьким або середнім рівнем доходу на душу населення.

Аналіз даних ВООЗ щодо онкозахворюваності у 2012 р., які були нещодавно оприлюднені через міжнародну базу *GLOBOCAN*, підтверджує тезу про істотні відмінності у співвідношенні “захворюваність/смертність” залежно від рівня соціально-економічного розвитку країн. Це співвідношення істотно корелює з рівнем технологічного та еконо-

мічного забезпечення онкологічної галузі та ефективністю управління інфраструктурою медицини в цілому. З огляду на схожість структури онкозахворюваності у різних країнах одного географічно-етнічного регіону, логічно було б очікувати, що і онкологічні центри в них повинні були б мати схоже методологічне та організаційно-технічне забезпечення. Проте величезна різниця у темпах соціально-економічного розвитку, у підходах до організації онкологічної допомоги спричиняє значні диспропорції між реальними потребами населення в лікуванні та рівнем його доступності, технологічної забезпеченості та ефективності. Щоби подолати цю невідповідність, кожній з країн, що розвиваються, належить раціонально визначити свою власну перспективу розвитку онкологічної допомоги, спираючись як на позитивний досвід країн-лідерів, так і на реальні інфраструктурні можливості.

Для України проблема структурного і технологічного реформування галузі радіаційної онкології

Інститут медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України

В. П. Старенький — зав. відділення променевої терапії, д.м.н. (starenkiyvp@rambler.ru)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Л. О. Авер'янова — доцент кафедри біомедичної інженерії, к.т.н.

© В. П. Старенький, Л. О. Авер'янова, 2014.

також є вельми актуальною. З поміж інших складових онкологічної допомоги нині особливого значення набуває дистанційна променева терапія (ДПТ), клінічна затребуваність якої останніми роками тільки зростає. Ця унікальна галузь медицини потребує оснащення надскладним електронним обладнанням, від можливостей якого великою мірою залежить ефективність і якість лікування [7]. За обмежених фінансових можливостей державної медицини необхідно вкрай уважно та ґрунтовно проаналізувати можливі варіанти технічного переоснащення відділень променевої терапії, щоб надалі спрогнозувати оптимальні схеми реалізації ДПТ та забезпечити раціональне використання матеріальних ресурсів, витрачених на впровадження сучасних технологій променевого лікування онкохворих. Це завдання передбачає аналіз основних медико-соціальних, технологічних та економічних чинників впливу на ефективність та якість променевого лікування.

#### **Аналіз світового досвіду застосування технологій ДПТ**

Оцінка рівня розвитку галузі променевої терапії (ПТ) на рівні країни має ґрунтуватись на результатах ретельного вивчення актуальних епідеміологічних даних та клінічних потреб у застосуванні променевого лікування з урахуванням його фізико-технічних чинників та радіобіологічних ефектів. Мають бути оцінені і соціально-економічні ресурси країни, обсяг яких також впливає на планування інфраструктури радіологічних центрів, визначення їх функціональних можливостей та рівня технологічного оснащення [23]. Тут варто скористатись різнобічними статистичними даними про досвід застосування сучасних технологій ДПТ у більш розвинених країнах і на цьому підґрунті визначити можливі шляхи ліквідації відставання у методологічному та організаційно-технічному забезпеченні галузі.

Порівняльний аналіз даних щодо забезпеченості країн світу мегавольтними установками для ДПТ показав, що цей показник, як правило, корелює з показниками соціально-економічного розвитку цих країн (рівень життя, ВВП тощо) [15]. Це пояснюється необхідністю значних фінансових витрат на обладнання сучасних центрів ПТ, що є непростим завданням для країн з низьким достатком. Проте слід врахувати, що доступність, висока клінічна та економічна ефективність ПТ дозволяють досить швидко компенсувати чималі початкові капіталовкладення.

Проте серед країн з високим рівнем сукупного доходу простежується різне ставлення до розвитку галузі ДПТ. У гармонічно розвинених, дійсно передових країнах так само, як і вся економіка, на висо-

кому рівні функціонує і ПТ, а от ті заможні країни, які нехтують сучасними технологіями радіотерапії, як правило мають системні економічні проблеми, високий рівень корупції, низьку соціальну відповідальність, тому ці держави вочевидь не можуть вважатись високорозвиненими.

Отже, рівень розвитку країни можна безпомилково визначити за рівнем застосування нею медичних радіаційних технологій. На доказ цієї тези розглянемо сьогоденну статистику. Згідно з рекомендаціями ВООЗ, мінімальна забезпеченість мегавольтними апаратами ДПТ має становити 4 апарати на 1 млн населення [29]. За цим показником деякі країни з чималими статками (Бразилія, Південна Корея, Росія, Туреччина, Угорщина, та Чилі) поступаються не тільки більш забезпеченим країнам (від 11,8 у США до 4-4,3 у Ізраїлі, Ірландії, Іспанії), але й Україні, яка має щонайменш втричі нижчий ВВП. Так, провідні російські фахівці з медичної радіології з прикрістю констатують факт більш ніж 30-річного технологічного відставання галузі; причому ними відзначається, що понад 70 % радіологічних клінік Росії мають катастрофічно низький рівень оснащення, а променеве лікування доступне лише 30 % хворих [2]. Щорічна закупівля 12-15 сучасних лінійних прискорювачів електронів дозволяє ледве оновити парк апаратів ДПТ (1,5 % на рік), а про значне його розширення поки що не йдеться. Задовільним темпом приросту технологічної оснащеності ДПТ автори вважають 10 % на рік.

Серед інших країн СНД у кращий бік вирізняються лише Білорусь та Казахстан. Натомість Туркменістан — це єдина пострадянська держава, щодо якої у міжнародній базі даних *DIRAC (Directory of Radiotherapy Centres)* із забезпеченості країн ресурсами ДПТ зазначено: "no information". Відомо лише, що багато онкохворих з Туркменістану звертаються по допомогу до Ірану, Туреччини, Таїланду, Індії та навіть до Ізраїлю. Серед країн Балтії лише Естонія має низьке забезпечення апаратами ДПТ (2,2), Латвія та Литва мають їх достатню кількість.

Якщо зважити на те, що середній ВВП на душу населення в Україні в 2012 р. становив 3500 доларів США, а забезпеченість апаратами ДПТ на 1 млн населення майже така ж, як і в Росії (з її ВВП у 12 700 доларів США на душу населення) [4], то слід визнати, що робота галузі ПТ в Україні — це подвиг навіть при тому занедбаному стані галузі, який існує на поточний момент.

Поряд із кількісними показниками забезпеченості країн мегавольтними апаратами ДПТ велике значення має їх якісний розподіл. За даними [26], потужності ДПТ у світі розподілені між країнами, що розвиваються, та розвиненими як 35 % до 65 %;

серед них якісне співвідношення гамма-терапевтичних апаратів становить, відповідно, від 69 % до 31 %, а лінійних прискорювачів електронів — від 18 % до 82 %.

Таким чином, сучасний рівень розвитку інфраструктури центрів ПТ визначається не тільки достатньою кількістю апаратного забезпечення, але й якісною перевагою на користь новітніх, більш ефективних, керованих та радіаційно безпечних апаратів ДПТ.

Варто взяти до уваги, як саме розв'язують задачу нарощування інфраструктури радіотерапевтичних центрів відсталі країни. Найбільш проблемною є ситуація в Індії, населення якої складає понад 1 млрд чол. (16 % населення планети): забезпеченість апаратами ДПТ — 0,5 на 1 млн. Нині на державному рівні вирішується завдання подвоєння кількості апаратів кожні 5-10 років, в основному за рахунок прискорювачів, а кількість гамма-апаратів буде доведена до 500 силами власного виробництва. Вочевидь в Україні початкові умови для модернізації галузі ДПТ значно кращі, проте на відміну від Індії не виробляються навіть досить прості гамма-апарати, тоді як понад 60 % з них потребують термінової заміни [11].

Істотна гетерогенність за станом галузі ДПТ існує в Західній Європі. За даними [25], більшість європейських країн далеко не в повній мірі забезпечена сучасними апаратами ДПТ. Наприклад, у заможній Великобританії лише 28 радіотерапевтичних центрів з 61 обладнані сучасними прискорювачами, які реалізують загальноприйнятну в Європі технологію *IMRT* (ПТ з модуляцією інтенсивності) [27]; з них лише три центри — *Clatterbridge* (Ліверпуль), *Ipswich*, *the Royal Marsden* (Лондон) — насправді масово застосовують цю технологію. Час очікування ДПТ для британських пацієнтів подеколи сягає трьох місяців. Натомість, у Цюрихському центрі (Швейцарія) час очікування ДПТ скорочений до 3-5 днів. Вочевидь, недосконала державна модель фінансування та реалізації технологій ДПТ у Великобританії стримує розвиток цієї галузі, знижує значимість та ефективність променевого лікування, натомість стабільно лобіюються інтереси фармацевтичних компаній у розповсюдженні дорогих протипухлинних молекулярних таргетних препаратів.

Менш заможні європейські країни, насамперед колишнього соціалістичного табору, зазнають особливо глибоких проблем у технічному забезпеченні ПТ. Серед них найкращі позиції у Чехії та Словаччині, найгірші — у Румунії. Найвищі темпи розвитку у галузі ПТ демонструє Польща: якщо у 1995 р. в цій країні налічувалося 27 гамма-апаратів та 23 лінійні прискорювачі [20], то в 2011 р. — вже

112 прискорювачів [24], причому 100 з них підтримують сучасну технологію *IMRT*. Нині у Польщі один прискорювач обслуговує 678 пацієнтів (оптимально 400-600 пацієнтів) та значно скорочений час очікування променевого лікування [24].

Гамма-апаратів у Польщі майже не залишилось, натомість різко збільшилась кількість прискорювачів, з'явилися два апарати "Кібер-ніж", два апарати "Гамма-ніж" та апарат томотерапії (таблиця), що можна визнати вельми раціональною і збалансованою метаструктурою технічного оснащення галузі на рівні країни. До цього слід додати, що на базі Інституту ядерної фізики АН Польщі у Кракові з 2011 р. проводиться протонна терапія меланоми ока пучком циклотрона *AIC-144*, а 2010 р. було почато інсталяцію протонного циклотрона *IBA Proteus C-235* (230 MeV) для скануючої протонної терапії [19, 21]. У цілому, за якісними характеристиками оснащення апаратами ДПТ Польща наближається до США, і такий розподіл цих апаратів можна використовувати як взірць. Україні ж досі не вдається подолати диспропорцію між гамма-апаратами та прискорювачами, що свідчить про відсталість оснащення галузі ДПТ щонайменш на два десятиліття.

Частка різних типів мегавольтних апаратів ДПТ у США, Польщі та Україні (2010 р.), %

Тип апарату ДПТ	США	Польща	Україна
Прискорювачі	92	91	17
Гамма-апарати	1	4,5	82
Апарати томотерапії	3	0,9	0
Кібер-ніж	2	1,8	1
Гамма-ніж	2	1,8	0

Є цілком очевидним, що Україна та Польща схожі не тільки за кількістю та етнічною структурою населення, побутовим устроєм та кліматичними умовами, але й за структурою онкозахворюваності. Обидві країни мають академічні центри ядерно-фізичних досліджень, що є гарною передумовою для залучення фахівців, здатних працювати з прискорювальною технікою. Отже, з огляду на це, представляється доцільним та обґрунтованим для України обрати саме "польську модель" стратегії і тактики розвитку ДПТ.

Проте на цьому шляху для України виникають певні перешкоди. Першою з них є недостатньо серйозне сприйняття системного характеру проблем у галузі ПТ та неготовність до концентрованої мобілізації ресурсів для їх швидкого подолання. Фінансовий аспект є тільки однією складовою цього комплексу. Так, ВВП у Польщі втричі вищий, ніж в Україні, але обсяги фінансування

практичної медицини з державного та місцевих бюджетів є вельми обмеженими. Натомість успішне функціонування системи охорони здоров'я в Польщі багато в чому забезпечене вдалими реформами та запровадженій системі обов'язкового медичного страхування населення [28]. Всі внески потрапляють до Національного фонду охорони здоров'я (NHF), який є установою, відповідальною за надання та фінансування медичних послуг для застрахованих осіб. У виключних ситуаціях міністр охорони здоров'я може дати згоду на покриття витрат на лікування або діагностичні процедури, які недоступні в країні, але виконуються за кордоном. Це є прикладом зваженого і раціонального підходу до розв'язання проблем при наданні медичної допомоги, особливо такої високоартісної та високотехнологічної, як терапія онкологічних захворювань.

У переважній більшості передових країн світу емпіричним шляхом встановився порядок, за яким високовитратні медичні технології не утримуються виключно державним коштом. Це слід враховувати в Україні, оскільки на теперішній час держава здатна фінансувати галузь променевої терапії на 10-15 % від потреби. До того ж, при запровадженні нових радіотерапевтичних технологій виникає низка додаткових ускладнень.

Так, потреба у підвищенні якості надання медичних послуг супроводжується постійним зростанням їх собівартості. Зокрема, недостатньо враховується факт підвищення навантаження на персонал через зростання витрат часу на виконання складних радіотерапевтичних процедур, особливо на етапі планування променевого лікування. Так, за даними [16], у Канаді середня витрата часу медичного фізика на створення одного комп'ютерного плану ДПТ зростає від 1 год для технології конвенційного опромінення до 4 год для технології IMRT та до 10 год для технологій прецизійного стереотаксичного опромінення. Це потребує суттєвої корекції розподілу погодинного навантаження на фахівців. Але в Україні ця проблема загострюється ще й через те, що в онкоцентрах бракує комп'ютерних систем планування ДПТ (в 23 регіональних онкоцентрах процедура планування досі здійснюється вручну).

До того ж, зростають витрати на сервісне обслуговування складної, переважно імпоротної техніки, для чого також мають своєчасно виділятися кошти. Проте в теперішній час у межах держави немає налагодженої системної роботи з підтримання працездатності радіотерапевтичного обладнання. Закупівля та обслуговування техніки здійснюється у спонтанному режимі; на ринку цих послуг відбувається жорстка конку-

ренція між приватними постачальними структурами.

Все це підкреслює необхідність кардинальних змін у системі фінансування та менеджменту галузі ПТ в Україні, і жалюгідне бюджетне фінансування медицини "за залишковим принципом" перетворилося на штучну перепону на цьому шляху. Досвід розвинених країн показує, що введення системи обов'язкового державного медичного страхування населення вирішує проблему фінансування таких сучасних технологій лікування, як ПТ, дає можливість планувати довгострокові перспективні проекти, спрямовані на покращення надання онкологічної допомоги населенню.

### Стан та проблеми розвитку ДПТ в Україні

Структура онкозахворюваності в Україні останнім часом залишається сталою, але кількість виявлених випадків щороку неухильно зростає [12]. Незважаючи на підвищення онкологічної грамотності та настороженості лікарів і пересічного населення та розвиток технологій діагностики в онкології, успіхи в лікуванні пухлинних захворювань набагато скромніші. На жаль, рівень онкологічної смертності лише за 2012 р. зріс майже на 4,5 % та становить 14 % у загальній структурі смертності населення (203,2 на 100 тис. осіб) [9]. На даний момент рівень онкологічної смертності людей працездатного віку в Україні перевищує такий у розвинутих країнах для чоловіків на 40 %, для жінок — на 20 %. Отже, від пухлинних хвороб українське суспільство зазнає чималих людських, соціальних та економічних втрат, які можна було б зменшити у разі надання вчасної та ефективної медичної допомоги, важливою складовою якої є ДПТ.

Світовий досвід показує, що ДПТ найчастіше застосовується при лікуванні злоякісних пухлин центральної нервової системи (90 %), раку грудної залози (83 %), пухлин голови та шиї (78 %), легені (76 %), шлунка (68 %), простати (60 %), лімфом (65 %) та інших нозологій [23]. Коли зіставляти ці дані зі структурою онкозахворюваності в Україні, стає зрозумілою необхідність забезпечення сучасного високоєфективного променевого лікування. У той же час, рівень ПТ в Україні нині не відповідає сучасним вимогам внаслідок значного відставання матеріально-технічної бази від практичних потреб, низької якості діючого обладнання, нестачі кваліфікованого персоналу, відсутності медикотехнологічних стандартів застосування нових методів ПТ, а також застарілості нормативних актів, що регламентують діяльність радіологічної служби.

Позитивом є те, що в Україні збереглася унікальна система обласних онкоцентрів з налагодженим централізованим управлінням, у якій функ-

ціонують 50 установ МОЗ та НАМН України, а також три приватні клініки. Проте сучасний рівень надання медичної допомоги онкохворим, а тим більше реалізація високотехнологічного променевого лікування, рік від року потребують більших видатків. А вже придбання нових апаратів для опромінення не є повним рішенням проблеми *per se*; до них необхідно мати спеціально оснащені приміщення, комп'ютеризовані системи візуалізації та планування ДПТ, симулятори, дозиметричне обладнання [3, 14], а також підготовлену команду фахівців належного рівня кваліфікації — радіаційних онкологів, фізиків, медичних інженерів, рівень оплати праці яких має бути узгодженим із підвищеною складністю виконуваних робіт.

Реальний стан радіологічної служби в Україні, зокрема її терапевтичної ланки, відрізняється від бажаного в гірший бік. У більшості онкоцентрів має місце банальна нестача, масова зношеність і функціональна обмеженість апаратів ДПТ, брак кваліфікованого персоналу та його низька технологічна культура, що має наслідком численні проблеми — завищений час очікування і проведення процедур, низька загальна якість променевого лікування [8]. Через перевантаженість апаратів ДПТ нерідко виникають радіаційно небезпечні аварійні ситуації. Особливо це актуально при експлуатації гамма-терапевтичних апаратів. Очевидно, що низька складних проблем, які спіткають невеликі онкоцентри, не може бути подолана ними самотужки.

Виникає закономірне питання, чи є реальною швидка і повномірна модернізація периферійних онкоцентрів? Слід визнати, що на поточний момент це завдання не може бути виконаним з багатьох причин. Навіть при задовільному обсязі фінансування поки що відсутня нова технологічна та кадрова інфраструктура, придатна для реалізації сучасних методів ДПТ; на її створення потрібен чималий час [11]. Досвід застосування сучасних технологій променевого лікування показує, що за відсутності кваліфікованих фахівців зводяться нанівець усі технічні принади новітніх радіотерапевтичних комплексів. Їх потенціал використовується лише частково, тому що через брак досвіду реалізуються найпростіші схеми лікування, які можна проводити із тим самим результатом на більш простому обладнанні. Було б краще, якщо б реальні потреби й очікувана ефективність застосування модернового обладнання були оцінені ще на етапі планування його придбання. Важливо також забезпечити функціональну сумісність нових апаратів з раніше встановленими, адже за сучасними стандартами всі вони мають працювати як єдиний комп'ютерно керований радіотерапевтичний комплекс [13]. Питання про доцільність постачання

сучасних комплексів ДПТ до того чи іншого онкоцентру, в тій чи іншій комплектації для конкретних технологій лікування, має вирішуватись із залученням науковців та провідних фахівців онкорадіологічних установ державного рівня. Вони мають здійснювати комплексний науковий супровід процесу модернізації центрів ПТ [2], який передбачає наукове консультування розробки проектною документації та її експертизу [10], наукове обґрунтування доцільності закупівлі обладнання під визначені технології ДПТ та прогнозування тенденцій їх клінічного застосування, оптимізацію умов контрактів на закупівлю та обслуговування обладнання, сприяння в організації підготовки кваліфікованих кадрів та впровадженні новітнього медико-фізичного сервісу і лікувальних технологій. Такий науково обґрунтований підхід сприятиме не тільки більш раціональному використанню фінансових можливостей галузі, але й підвищенню ефективності лікувального процесу.

Вочевидь бюджетних коштів на оснащення центрів ПТ в Україні катастрофічно не вистачає, а впровадження тотальної страхової медицини в короткій перспективі не існує. За таких умов особливі сподівання радіологів-онкологів пов'язані із залученням значних позабюджетних (переважно благодійних) коштів. Дійсно, серед представників великого бізнесу існують приклади активного меценатства в цьому напрямку: це перша і єдина в Україні масштабна (315 млн грн.) інвестиційна програма з підтримки розвитку державної онкологічної служби України і покращення допомоги онкологічним хворим "Рак виліковний", ініційована благодійним фондом Ріната Ахметова "Розвиток України" [6]. Проект у технічному аспекті спрямований на насичення онкологічних установ новітнім устаткуванням та впровадження передового досвіду лікування раку. За таких умов основним завданням органів державного управління є забезпечення порозуміння та ефективної співпраці з меценатами, раціональне використання всіх задіяних ресурсів за рахунок структурних змін у державній системі онкологічної допомоги та забезпечення її оптимального адміністрування.

У той же час, в останні роки все частіше спостерігається зрощення державних та приватних медичних структур, у т. ч. в галузі онкорадіології. Ці гібриди заповнюють нішу ринку медичних послуг саме там, де держава не в змозі підтримувати працездатність складної техніки. Проте реальна ціна такої допомоги (щонайменш 10 тис. доларів за курс ПТ) робить ці послуги малодоступними для пересічних громадян. До того ж, комерційні структури, як правило, зосереджуються на певних етапах лікування, які є найпростішими і найрентабельнішими.

У цьому "конвеєрі" не передбачено системний підхід до лікування і довгостроковий моніторинг стану хворих. За таких умов тільки держава може бути гарантом ефективної, високопрофесійної, системної онкологічної допомоги.

### Територіальна оптимізація розподілу потужностей ДПТ

В умовах України, зважаючи на її найбільшу в Європі територію і особливості розподілу населення, важливим є рівномірне розосередження технологічних потужностей ДПТ по регіонах. Представляється раціональним згрупувати області України у регіональні онкорадіологічні кластери, керуючись ustalеними взаємозв'язками у межах регіонів і територіальним розподілом населення, яке в межах кластера має складати 5-6 млн мешканців (рис. 1). Винятком у менший бік може бути лише АР Крим через її особливий адміністративно-територіальний статус, а також кластер південних областей України (Одеська, Миколаївська, Херсонська), населення якого складає близько 4,6 млн при значній віддаленості від провідних онкоцентрів країни.

У межах кожного кластера пропонується визначити провідний онкоцентр (регіональний центр компетенції у ПТ), який слід максимально наситити найсучаснішими технологіями ДПТ та укомплектувати кваліфікованими медичними та інженерно-фізичними кадрами. Онкоцентри другого рівня потребують інсталяції базового обладнання, оскільки вони мають брати на себе лівову частку масових, відносно простих радіотерапевтичних процедур і водночас виступати резервом провідного онкоцентру регіону. З огляду фінансових витрат, такий підхід був би вигідним та реальним для України за нинішніх умов. Так, в Україні визначаються вісім провідних центрів (див. рис. 1). Сім з них вже існують завдяки освоєнню ними сучасних лінійних прискорювачів електронів: Київ, Донецьк, Харків, Рівне, Львів, Сімферополь і Дніпропетровськ. Отже, запропонований вище гіпотетичний розподіл майже реалізований, проте не вистачає додаткового сучасного центру в Одесі, який мав би обслуговувати досить розосереджені південні території — Одеську, Миколаївську та Херсонську області.

На підставі аналізу даних, отриманих при анкетуванні онкологічних закладів для внесення у міжнародну базу DIRAC, що було проведено у 2013 р. фахівцями Центральної лабораторії радіаційної гігієни медичного персоналу та пацієнтів Інституту медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України, можна оцінити наявні технічні можливості центрів ДПТ по запропонованим кластерам. На рис. 2 показаний мінімально достатній

кількісний розподіл комплексів ДПТ (із розрахунку один на 250 тис. населення) у порівнянні з фактичною кількістю апаратів, які працюють у межах відповідного кластера. Видно, що при такому розподілі тільки київський кластер наближається до бажаного рівня забезпеченості апаратами ДПТ. В інших регіонах нестача обладнання становить 30-60 %. Якщо ж визначити співвідношення між гамма-терапевтичними апаратами та лінійними прискорювачами електронів (рис. 3), стає очевидною істотна диспропорція, яка втілює технологічну відсталість ДПТ в усіх регіонах, крім Києва.



Рис. 1. Запропоноване групування областей України у регіональні онкорадіологічні кластери; \* — провідний центр.



Рис. 2. Кількісний розподіл апаратів ДПТ у регіональних кластерах України.

За оцінкою фахівців з ПТ Інституту медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України, на теперішній час частка гамма-апаратів не повинна перевищувати 30 %, низькоенергетичних прискорювачів — становити близько 60 %, а решту в 10 %

мали б представляти високоенергетичні прискорювачі з усіма можливими на сьогодні технологічними опціями, а також такі високоспеціалізовані апарати, як то ткібер-ніж, томотерапевтичні системи тощо. Реальна ж ситуація є такою: 82 % устаткування — це гамма-апарати, більшість з яких залишилася в експлуатації з 1980-х років та вичерпала всі можливі ресурси ремонту чи модернізації. Це різко контрастує із ситуацією в Європі, де низка країн (Швеція, Фінляндія, Нідерланди і навіть Чорногорія з її невисоким рівнем життя) вже повністю відмовились від гамма-апаратів.



Рис. 3. Якісний розподіл апаратів ДПТ у регіональних кластерах України.

Цілком очевидно, що на заміну зношеним гамма-терапевтичним апаратам в Україні як базові елементи оснащення радіотерапевтичних центрів мають встановлюватись сучасні низькоенергетичні лінійні прискорювачі електронів із відповідними системами планування. Таке рішення, обране як генеральна стратегія, вможливить раціональний крок – припинення витрат коштів на придбання кобальтових джерел для застарілих гамма-апаратів та їх перерозподіл на поступовий демонтаж зношеного устаткування та його заміну на компактні прискорювачі, які можна встановлювати у тих самих процедурних приміщеннях з їх мінімальним переобладнанням згідно з новими технічними вимогами та нормам радіаційної безпеки [1, 5].

Проте в обласних центрах України апаратів ДПТ настільки мало, що для кожної установи хоча б невелика перерва у роботі радіотерапевтичного апарату означає зупинку ланки лікувального процесу, а демонтаж викличе цілковитий його колапс і не виправне порушення протоколів лікування. Для запобігання такому ефекту слід шукати можливості

паралельного встановлення нового радіотерапевтичного устаткування (в ідеалі — прискорювача 6 MeV) поруч із працюючим гамма-апаратом.

Інсталяція складніших високоенергетичних прискорювачів потребує дотримання більш жорстких умов експлуатації із зведенням відповідних процедурних приміщень *de novo*, включаючи “нульовий цикл” їх архітектурного планування. Такий комплекс робіт може бути виконаний тільки у великих містах із розвинутою інфраструктурою та злагодженим механізмом адміністративного управління. Проте навіть розмір і розвиненість міста не є гарантією швидкого успіху, прикладом чого є зведення нового радіологічного центру в Дніпропетровську, що тривало 16 років. З урахуванням чисельності населення в Дніпропетровській області (3,3 млн) за нормативами МАГАТЕ і ВООЗ, там має працювати 13 сучасних комплексів ДПТ, натомість працює 1 лінійний прискорювач і 6 гамма-апаратів, з яких 4 перебувають в експлуатації понад 25 років.

Окремих питань постає створення в Україні центрів адронної терапії, яка нині визнається одним із найпрогресивніших методів ДПТ для лікування певних нозологій [22]. З урахуванням світового досвіду та структури онкозахворюваності, в країні визначається потреба у двох таких центрах. Проте, виходячи з наявних можливостей, першим кроком на цьому шляху має стати організація клінічних відділень при наукових центрах, де є фізичні установки для генерації протонних пучків, придатних для найпростіших лікувальних процедур, оскільки через цей етап проходили всі інші країни. Після цього варто спрямовувати ресурси на інсталяцію компактних медичних генераторів адронних пучків, якщо за вартістю вони наблизяться до апаратів прецизійної фотонної ДПТ. До тих окремих хворих, які потребують саме адронної терапії, слід направляти на лікування у закордонні центри, де є така технологія; саме так чинять деякі забезпечені європейські країни, оскільки це цілком виправдано з економічних міркувань.

Попри всі варіанти технологічного переоснащення служби ПТ в Україні провідним залишається адміністративне питання — чи дійсно Україна спроможна реформувати цю галузь? Зрозуміло, що цю проблему не можна розв’язати ізольовано. Це великий інфраструктурний проект, який потребує професіоналізму, політичної волі, фінансової стабільності, солідарної відповідальності. Не можна скидати цю роботу лише на плечі медиків. Не треба очікувати великих бюджетних асигнувань. Вкрай необхідно запровадити надійний механізм медичного страхування, який допоможе акумулювати необхідні кошти на підтримку сучасних технологій променевого лікування.

Проведений аналіз розвитку галузі ДПТ в Україні показав, що необхідно розробити державну програму поетапної комплексної модернізації центрів ПТ, серед яких виділити провідні міжрегіональні центри, що мають бути поступово та цілеспрямовано насичені найсучаснішими комплексами ДПТ, забезпечені висококваліфікованими кадрами та централізованим сервісним обслуговуванням. Периферійні центри ПТ мають здійснювати не менш сучасні, але технологічно простіші схеми лікування та надавати паліативну допомогу якнайближче до місцевого населення.

Слід належним чином організувати взаємодію науковців, клініцистів, фізиків та менеджерів від медицини у справі створення малих відділень

ДПТ, які б працювали з чітко визначеними нозологіями пухлин. З часом, за умов сталого економічного зростання України деякі периферійні онкоцентри можуть бути переведені на рівень провідних, але для цього має бути поступово надбаний сучасний практичний досвід та підготовлена нова генерація фахівців з ПТ.

Висловлюємо подяку заступнику директора з наукової роботи ДУ "Інститут медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України", к.б.н. В. А. Віннікову за плідне обговорення предмету даної статті та завідуючій центральною лабораторією радіаційної гігієни медичного персоналу та пацієнтів, к.б.н. Л. Л. Стадник за надання оперативних даних щодо технічного забезпечення радіологічної галузі в Україні.

### Список використаної літератури

1. Богорад В. І., Литвинська Т. В., Макаровська О. А. та ін. Вимоги з безпеки під час використання лінійних прискорювачів // Ядерна та радіаційна безпека. — 2010. — № 4. — С. 39-43.
2. Давыдов М. И., Голанов А. В., Канаев С. В. и др. Анализ состояния и концепция модернизации радиационной онкологии и медицинской физики в России (краткое изложение) // Мед. физика. — 2013. — № 2. — С. 8-19.
3. Іванкова В. С., Скоморохова Т. В., Столярова О. Ю. та ін. Утілення сучасних технологій в практику променевої терапії в онкологічних хворих // Техногенна безпека. — 2013. — № 198, вип. 210. — С. 109-113.
4. Костылев В. А. Анализ состояния радиационной онкологии в мире и в России // Мед. физика. — 2009. — № 3. — С. 5-20.
5. *Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97): Державні гігієнічні нормативи.* — К.: МОЗ України, 1997. — 121 с.
6. Пилипенко, М. І. Науковий і благодійний внесок у радіологію // Рак виліковний. — 2013. — № 2. — С. 10-13.
7. Пилипенко, М. І. Основи планування інфраструктури радіаційної онкології в Україні // Укр. радіол. журн. — 2005. — 13, вип. 3. — С. 238-240.
8. Пилипенко М. І., Стадник Л. Л., Скалецький Ю. М., Федько О. А. Проблеми радіаційних технологій у системі охорони здоров'я України // Укр. радіол. журн. — 2009. — 17, вип. 4. — С. 430-437.
9. *Рак в Україні, 2011-2012: Бюлетень Національного канцер-реєстру № 14.* — Київ, 2013. — 120 с.
10. Самарский онкологический центр: Критерии проекта и техническое описание. — Лаваль, Канада: artierGroupe, 1994. — 58 с.
11. Семикоз Н. Г. Радіологічна служба України. Стан на 2009 рік // Новоутворення. — 2010. — № 5. — С. 14-19.
12. Стан виконання Загальнодержавної програми боротьби з онкологічними захворюваннями на період до 2016 р.: Проект Постанови Верховної Ради України від 07.10.2013 р. Реєстр. № 3360.
13. Старенький В. П. Інтегративні технології оптимізації лікувального процесу на прикладі досвіду організації роботи відділення променевої терапії ДУ "Інститут медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України" // Вісн. ХНУ ім. В. Н. Каразіна. — 2012. — № 1024. Серія Медицина. — Вип. 24. — С. 113-120.
14. Старенький В. П., Авер'янова Л. О., Васильєв Л. Л. та ін. Аналіз інформаційних і технічних можливостей сучасних систем планування дистанційної радіотерапії // Клін. інформат. і телемед. — 2011. — 7, вип. 8. — С. 79-82.
15. Barton M., Frommer M., Shafiq J. Role of radiotherapy in cancer control in low-income and middle-income countries // *Lancet Oncology.* — 2006. — 7, № 7. — P. 584-595.
16. Battista J. J., Clark B. G., Patterson M. S. et al. Medical physics staffing for radiation oncology: a decade of experience in Ontario, Canada // *J. Appl. Clin. Med. Physics.* — 2012. — 13, № 1. — doi: 10.1120/jacmp.v13i1.3704.
17. Bray F., Jemal A., Grey N. et al. Global cancer transitions according to the Human Development Index (2008-2030): a population-based study // *Lancet Oncol.* — 2012. — 13, № 8. — P. 790-801.
18. *Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC Cancer Base No. 10* [Internet]. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2010.
19. Friesel D. L., Antaya T. A. Medical cyclotrons // *Plasma Science and Fusion Center.* — Massachusetts Institute of Technology, 2009. — P. 18-19.
20. Gwiazdowska B., Bulski W. The role of the Polish Secondary Standard Dosimetry Laboratory in view of the requirements of the EC Directive 97/43 Euratom. NOWOTWORY // *J. Oncol.* — 2004. — 54, № 4. — P. 323-332.
21. Jongen Y. Review on cyclotrons for cancer therapy // *Proceedings of Cyclotrons.* — Lanzhou, China, 2010. — P. 398-403.
22. Pedroni E. Will we need proton therapy in the future? // *Europhysics News.* — 2000. — Nov/Dec. — P. 18-22.
23. *Planning national radiotherapy services: a practical tool.* — IAEA Human Health Series 14. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2011. — 83 p.
24. Reinfuss M., Byrski E., Malicki J. Radiotherapy facilities, equipment, and staffing in Poland: 2005-2011 // *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy.* — 2013. — 18, № 3. — P. 159-172.



25. *Rosenblatt E., Izewska J., Anacak Y. et al.* Radiotherapy in European countries: an analysis of the Directory of Radiotherapy Centres (DIRAC) database // *Lancet Oncol.* — 2013. — **14**, № 2. — P. 79-86.
26. *Salminen E., Izewska J., Andreo P.* IAEA's role in the global management of cancer-focus on upgrading radiotherapy services // *Acta Oncol.* — 2005. — **44**, № 8. — P. 816-824.
27. *Sikora K.* Paying for cancer care — a new dilemma // *J. Royal Soc. Med.* — 2007. — **100**. — P. 166-169.
28. *Syczewska-Weber K., Rucinski P.* The main challenges of Polish oncology // *Public Health Rep.* — 2008. — **123**, № 5. — P. 655-663.
29. *The Advisory Group on increasing access to Radiotherapy Technology in low and middle income countries.* Programme of Action for Cancer Therapy. — Vienna: International Atomic Energy Agency, 2010. — 8 p.

Одержано 4.10.2013

## МОДЕРНИЗАЦІЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ЛУЧЕВОЇ ТЕРАПІЇ В УКРАЇНІ: МИРОВОЙ ОПИТ, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

В. П. Старенький, Л. А. Аверьянова\*

Государственное учреждение “Институт медицинской радиологии им. С. П. Григорьева  
НАМН Украины”, 61024 Харьков

\*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, 61166 Харьков

Проведен анализ мировых тенденций технологического совершенствования дистанционной лучевой терапии (ДЛТ). Определена модель структурного и технологического реформирования отечественной отрасли радиационной онкологии, а также условия, которые обеспечат в перспективе преодоление ее технического отставания. На основе многофакторного анализа уровня оснащенности центров ДЛТ предложен принцип территориальной оптимизации распределения новых технологических мощностей и кадрового потенциала. Необходимой предпосылкой успешного развития отрасли является разработка научно обоснованной государственной программы поэтапной комплексной модернизации центров ДЛТ с учетом стартового уровня их технологического и кадрового обеспечения.

## MODERNIZATION OF EXTERNAL BEAM RADIOTHERAPY IN UKRAINE: WORLD EXPERIENCE, PROBLEMS AND PROSPECTS

V. P. Starenkiy, L. O. Averianova\*

State Institution “S. P. Grigoriev Institute for Medical Radiology NAMS Ukraine”, 61024 Kharkiv

\*Kharkiv National University of Radio Electronics, 61166 Kharkiv

The global trends of technological improvements in external beam radiation therapy (EBRT) are analyzed. Defined were the model of structural and technological restructuring the country's radiation oncology, as well as conditions that will ensure in the future to overcome its technological backwardness. The proposed principle of territorial optimization in distribution of new technological facilities and staff resources is based on multifactor analysis of equipment level in EBRT centers. A development of scientifically substantiated state program of phased comprehensive modernization of EBRT centers with due consideration of startup level of technology and staffing is a compulsory prerequisite for successful development of this branch.