
ПЕРЕДОВА СТАТТЯ

УДК 615.849

МИКОЛА ВІЛЛЄНОВИЧ КРАСНОСЕЛЬСЬКИЙ, ВІКТОР ПЕТРОВИЧ СТАРЕНЬКИЙ
ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА СУХІНА, АНДРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ СВИНАРЕНКО
ВІРА ВАСИЛІВНА КАРВАСАРСЬКА, ЛІЛІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА АВЕР'ЯНОВА
ОЛЕГ ГРИГОРОВИЧ АВРУНІН

ДУ «Інститут медичної радіології ім. С. П. Григор'єва НАМН України», Харків

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ В УКРАЇНІ

Проведено аналіз сучасного стану і можливостей удосконалення дистанційної променевої терапії (ДПТ), визначено модель структурного і технологічного реформування радіотерапевтичної служби України. Запропоновано принцип територіальної оптимізації розподілу нових технологічних потужностей і кадрового потенціалу як одного з елементів науково обґрунтованої державної програми поетапної комплексної модернізації центрів ДПТ з урахуванням стартового рівня їх технологічного і кадрового забезпечення.

Ключові слова: дистанційна променева терапія, кобальтовий апарат, лінійний прискорювач електронів, система планування ДПТ, онкорадіологічний кластер.

Дані ВООЗ відносно стану онкозахворюваності (GLOBOCAN 2012) свідчать про те, що близько 72 % смертельних випадків через пухлинні хвороби зафіксовані у країнах з низьким або середнім рівнем доходу на душу населення, а співвідношення «захворюваність/смертність» щодо пухлинних хвороб має суттєві відмінності залежно від рівня соціально-економічного розвитку країн. Величезна різниця у підходах до реалізації онкологічної допомоги спричиняє значні диспропорції між реальними потребами населення в лікуванні та рівнем його доступності, технологічної забезпеченості та ефективності [1].

Для України проблема структурного і технологічного реформування галузі радіаційної онкології також є досить актуальною. Серед інших складових онкологічної допомоги нині особливого значення набуває дистанційна променева терапія (ДПТ), клінічна затребуваність якої останніми роками тільки зростає. Ця унікальна галузь медицини потребує оснащенням надскладним електронним обладнанням, від можливостей якого великою мірою залежить ефективність і якість лікування. 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.

Метою роботи є визначення пріоритетних напрямків розвитку ДПТ в Україні, а також обґрунтування вибору варіантів переоснащення вітчизняних радіологічних центрів, які є оптимальними з огляду на спектр вирішуваних клінічних задач, стартовий рівень технологічного та кадрового забезпечення онкоцентрів та світовий досвід розв'язання такої проблеми.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО 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

© М. В. Красносельський, В. П. Старенький, О. М. Сухіна,
А. В. Свинаренко, В. В. Карвасарська, Л. О. Авер'янова,
О. Г. Аврунін, 2014

лікування з урахуванням його фізико-технічних чинників та радіобіологічних ефектів.

Порівняльний аналіз даних щодо забезпеченості країн світу мегавольтними установками для ДПТ (це лінійні прискорювачі електронів та кобальтові апарати) показав, що цей показник, як правило, корелює з показниками соціально-економічного розвитку цих країн (рівень життя, ВВП тощо) [2]. Це пояснюється необхідністю значних фінансових витрат на обладнання сучасних центрів ПТ, що є непростим завданням для країн з низьким рівнем життя. Проте слід врахувати, що доступність, висока клінічна та економічна ефективність ПТ дозволяють досить швидко компенсувати чималі початкові капіталовкладення.

Згідно з рекомендаціями ВООЗ мінімальна забезпеченість мегавольтними установками ДПТ повинна становити 4 апарати на 1 млн населення [3]. У високорозвинених країнах цей показник нині складає від 11,8 (США) до 4,0–4,3 (Ірландія, Ізраїль, Іспанія). Водночас у деяких країнах з високим рівнем життя цей показник не перевищує 2,2 (Південна Корея, Росія, Туреччина, Угорщина, Бразилія, Чилі) і є нижчим, ніж в Україні. Серед країн СНД у кращий бік вирізняється лише Білорусь (2,8).

Поряд з кількісними показниками забезпеченості країн мегавольтними апаратами ДПТ велике значення має їх якісний розподіл. За даними [4], потужності ДПТ у світі розподілені між країнами, що розвиваються, та розвиненими як 35 до 65 %, серед них якісне співвідношення за гамма-терапевтичними апаратами складає відповідно 69 до 31 %, а за лінійними прискорювачами електронів — 18 до 82 %. Отже, 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.

Слід зазначити, що галузь ДПТ у західноєвропейських країнах є досить неоднорідною за рівнем розвитку [5], оскільки існують проблеми щодо забезпеченості сучасними технологіями ДПТ, дуже відрізняється час очікування променевого лікування — від 3–5 днів до трьох місяців. Країни Східної Європи, які раніше належали до колишнього соціалістичного табору, зазнають особливо глибоких проблем у технічному забезпеченні ПТ. Серед них найкращі позиції у Чехії та Словаччини, найгірші — у Румунії. Найвищі темпи розвитку у галузі ПТ демонструє Польща: якщо у 1995 р. у цій країні налічувалося 27 гамма-апаратів та 23 лінійні прискорювачі, то в 2011 р. — вже 112 прискорювачів [6], причому 100 з них підтримують сучасну технологію IMRT. Нині в Польщі застосовуються два апарати «Кібер-ніж», два апарати «Гамма-ніж» та апарат томотерапії. До цього слід додати, що на базі Інституту ядерної фізики АН Польщі у Кракові з 2011 р. проводиться протонна терапія меланоми ока пучком циклотрона АІС-144, а 2010 р. було розпочато інсталяцію протонного циклотрона ІВА Proteus С-235 (230 MeV) для скануючої протонної терапії [7, 8].

Якщо спробувати визначити країну, яку за рівнем розвитку ДПТ Україна мала б обрати за приклад, цілком очевидно, що це Польща. Наші дві країни 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 доброю передумовою для залучення фахівців, здатних працювати з прискорювальною технікою. Отже, з огляду на це, уявляється доцільним та обґрунтованим для України обрати саме «польську модель» стратегії і тактики розвитку ДПТ.

СТАН ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕРАПІЇ В УКРАЇНІ

Структура онкозахворюваності в Україні останнім часом залишається сталою, але кількість виявлених випадків щороку неухильно зростає [9]. 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 % і становить 14 % у загальній структурі смертності населення (203,2 на 100 тис. осіб) [10]. На даний момент рівень онкологічної смертності людей працездатного віку в Україні перевищує такий у розвинених 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 свідчить, що ДПТ найчастіше застосовується при лікуванні злоякісних пухлин центральної нервової системи (90 %), раку грудної залози (83 %), пухлин голови та шиї (78 %), легень (76 %), шлунка (68 %), простати (60 %), лімфом (65 %) та інших нозологій [11]. Якщо зіставити ці дані зі структурою онкозахворюваності в Україні, стає зрозумілою необхідність забезпечення сучасного високо-ефективного променевого лікування. Водночас рівень ПТ в Україні нині не відповідає сучасним вимогам унаслідок значного відставання матеріально-технічної бази від практичних потреб, низької якості діючого обладнання, нестачі кваліфікованого персоналу, відсутності медико-технологічних стандартів застосування нових методів променевої терапії, застарілості нормативних актів, що регламентують діяльність радіологічної служби.

Утім, позитивно, що в Україні збереглася унікальна система обласних онкоцентрів із налагодженим централізованим управлінням, у якій функціонують 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 вимагають 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 [12–14], 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 і його низька технологічна культура, що залишає численні проблеми: завищений час очікування і проведення процедур, низьку загальну якість променевого лікування [15]. Через перевантаженість апаратів ДПТ нерідко виникають радіаційно небезпечні аварійні ситуації. Особливо це актуально при експлуатації гамма-терапевтичних апаратів. Очевидно, що низьку складних проблем, які спіткають невеликі онкоцентри, не можна подолати самотужки.

Слід визнати, що на поточний момент швидка і повномірна модернізація не може бути здійснена з багатьох причин. Навіть при задовільному обсязі фінансування поки що відсутня нова технологічна та найголовніше — кадрова інфраструктура, придатна для реалізації сучасних методів ДПТ; на її створення необхідно чимало часу [16].

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 [17].

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 [18], який передбачає наукове консультування розробки проектної документації та її експертизу [19]; 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.

В останні роки все частіше спостерігається зрощення державних та приватних медичних структур, зокрема в галузі онкорадіології. Ці гібриди заповнюють нішу ринку медичних послуг саме там, де держава не в змозі підтримувати працездатність складної техніки. Променева терапія проводиться у кількох приватних центрах, проте реальна ціна такого лікування — щонайменше 10 тис. доларів за курс променевої терапії — 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 «конвєєрі» не передбачено системного підходу до лікування і довгострокового моніторингу стану хворих. За таких умов тільки держава може бути гарантом ефективної, високопрофесійної, системної онкологічної допомоги.

Основною проблемою галузі ПТ України є недостатньо серйозне сприйняття системного характеру її проблем та неготовність до концентрованої мобілізації ресурсів для їх швидкого подолання. Фінансовий аспект є тільки однією складовою цього комплексу. Відомо, що надання медичної допомоги, особливо такої високоартісної та високотехнологічної, як терапія онкологічних захворювань, не може утримуватись 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, що потребує додаткового фінансування. Так, вимога постійного підвищення якості променевого лікування супроводжується постійним зростанням його 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 [20], у Канаді середня витрата часу медичного фізика на створення одного комп'ютерного плану ДПТ зростає з 1 години для технології конвенційного опромінення до 4 годин для технології IMRT та 10 годин 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 збереглась рутинна технологія планування ПТ). До того ж зростають витрати на сервісне обслуговування складної, переважно імпортної техніки, для чого також необхідно своєчасно виділяти кошти. Проте наразі у межах держави немає налагодженої системної роботи з підтримання працездатності радіотерапевтичного обладнання. Закупівля та обслуговування техніки здійснюється у спонтанному

режимі; на ринку цих послуг існує суворі конкуренція між приватними постачальними структурами.

Отже, сьогодні необхідні кардинальні зміни у системі фінансування та менеджменту галузі ПТ в Україні. Досвід багатьох розвинених країн свідчить, що фінансування таких сучасних технологій лікування має здійснюватися із залученням різних джерел, у тому числі за рахунок коштів системи медичного страхування населення.

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. Уявляється раціональним згрупувати області України у регіональні онкорадіологічні кластери, керуючись усталеними взаємозв'язками в 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.



Рис. 1. Ймовірне групування областей України у регіональні онкорадіологічні кластери

У межах кожного кластера пропонується визначити провідний онкоцентр, який слід максимально наситити найсучаснішими технологіями ДПТ та укомплектувати кваліфікованими медичними та інженерно-фізичними кадрами. Онкоцентри другого рівня потребують інсталяції базового обладнання, оскільки їх роль — брати на себе ліву частку масових, відносно простих радіотерапевтичних процедур і водночас виступати резервом провідного онкоцентру регіону. З точки зору фінансових витрат такий підхід був би для України вигідним та реальним. За схемою (див. рис. 1) визначаються вісім провідних центрів. 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 проведене 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 запропонованих кластерах. На рис. 2 показаний мінімально достатній кількісний розподіл комплексів ДПТ (з розрахунку 1 на 250 тис. населення) у порівнянні з фактичною кількістю апаратів, які працюють у межах відповідного кластера.



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

Видно, що при такому поділі 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. 3. Якісний розподіл апаратів ДПТ по регіональних кластерах України

За оцінкою фахівців променевої терапії 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 високоспеціалізовані апарати, як-от кібер-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.

Цілком очевидно, що на заміну зношеним гамма-терапевтичним апаратам в Україні як базові елементи оснащення радіотерапевтичних центрів мають встановлюватися 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 із їх мінімальним переобладнанням згідно з новими технічними вимогами та нормами радіаційної безпеки [21].

Проте в обласних центрах України апаратів ДПТ настільки мало, що для кожної установи хоча б невелика перерва у роботі радіотерапевтичного апарата означає зупинку певної ланки лікувального процесу, а демонтаж викличе цілковитий його колапс і невиправне порушення протоколів лікування. Щоб запобігти такому негативному ефекту, слід шукати можливості паралельного встановлення нового радіотерапевтичного устаткування (в ідеалі — прискорювача 6 MeV) поруч із працюючим гамма-апаратом.

Інсталяція складніших високоенергетичних прискорювачів вимагає дотримання більш суворих умов експлуатації, що потребує зведення 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.

Окремо постає питання про 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 за умов, коли за вартістю вони наближаться до апаратів прецизійної фотонної ДПТ. Доти 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.

Отже, було проаналізовано сучасний стан і можливості удосконалення дистанційної променевої терапії (ДПТ), а також визначено модель структурного і технологічного реформування радіотерапевтичної служби України. Запропоновано принцип територіальної оптимізації розподілу нових технологічних потужностей та кадрового потенціалу як складової науково обгрунтованої державної програми поетапної комплексної модернізації центрів ДПТ з урахуванням стартового рівня їх технологічного та кадрового забезпечення. Попри всі варіанти технологічного переоснащення служби променевої терапії в Україні провідним залишається адміністративно-фінансовий аспект реформування цієї галузі. Зрозуміло, що таку проблему не можна розв'язати ізольовано. Це великий загальнодержавний інфраструктурний проект, який потребує професіоналізму, політичної волі, фінансової стабільності, солідарної відповідальності.

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 необхідно поступово надбати сучасний практичний досвід та підготувати нову генерацію фахівців променевої терапії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Global cancer transitions according to the Human Development Index (2008–2030): a population-based study* / F. Bray, A. Jemal, N. Grey et al. // *The Lancet Oncology*. — 2012. — Vol. 13 (8). — P. 790–801.
2. *Barton M. Role of radiotherapy in cancer control in low-income and middle-income countries* / M. Barton, M. Frommer, J. Shafiq // *The Lancet Oncology*. — 2006. — Vol. 7, Issue 7. — P. 584–595.
3. *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.
4. *Salminen E. IAEA's role in the global management of cancer-focus on upgrading radiotherapy services* / E. Salminen, J. Izewska, P. Andreo // *Acta Oncol*. — 2005. — Vol. 44, N 8. — P. 816–24.
5. *Radiotherapy in European countries: an analysis of the DIRAC database* / E. Rosenblatt [et al.] // *The Lancet Oncology*. — 2013. — Vol. 4. — P. 79–86.
6. *Reinfuss M. Radiotherapy facilities, equipment, and staffing in Poland: 2005–2011* / M. Reinfuss, E. Byrski, J. Malicki // *Reports of Practical Oncology & Radiotherapy*. — 2013. — Vol. 18, Issue 3. — P. 159–172.
7. *Friesel D.L. Medical Cyclotrons* / D.L. Friesel, T.A. Antaya // *Plasma Science and Fusion Center, Massachusetts Institute of Technology*. — 2009. — P. 18–19.
8. *Jongen Yves. Review on cyclotrons for cancer therapy. Proceedings of CYCLOTRONS 2010* / Jongen Yves. — Lanzhou, China. — P. 398–403.
9. *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*.
10. *Рак в Україні, 2011–2012* : Бюл. Нац. канцер-реєстру України. — 2013. — № 14.
11. *Planning national radiotherapy services: a practical tool*. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2010.
12. *Утілення сучасних технологій в практику променевої терапії в онкологічних хворих* / В. С. Іванкова, Т. В. Скомоорова, О. Ю. Столярова та ін. // *Техногенна безпека*. — 2013. — № 198, вип. 210. — С. 109–113.
13. *Аналіз інформаційних і технічних можливостей сучасних систем планування дистанційної радіотерапії* / В. П. Старенький, Л. О. Авер'янова, Л. Л. Васильєв та ін. // *Клін. інформатика і телемедицина*. — 2011. — Т. 7, вип. 8. — С. 79–82.
14. *Syczewska-Weber K. The Main Challenges of Polish Oncology* / K. Syczewska-Weber, P. Rucinski // *Public Health Rep*. — 2008. — Vol. 123 (5). — P. 655–663.
15. *Проблеми радіаційних технологій у системі охорони здоров'я України* / М. І. Пилипенко, Л. Л. Стадник та ін. // *УРЖ*. — 2009. — Т. XVII, вип. 4. — С. 430–437.
16. *Семикоз Н. Г. Радіологічна служба України. Стан на 2009 рік* / Н. Г. Семикоз // *Новоутворення*. — 2010. — № 5. — С. 14–19.
17. *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»* / В. П. Старенький // *Вісн. ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Серія : Медицина*. № 1024. — 2012. — Вип. 24. — С. 113–120.
18. *Анализ состояния и концепция модернизации радиационной онкологии и медицинской физики в России (краткое изложение)* / М. И. Давыдов, А. В. Голанов, С. В. Канаев и др. // *Мед. физика*. — 2013. — № 2. — С. 8–19.
19. *Костылев В.А. Анализ состояния радиационной онкологии в мире и в России* / В.А. Костылев // *Мед. физика*. — 2009. — № 3. — С. 5–20.
20. *Medical physics staffing for radiation oncology: a decade of experience in Ontario, Canada* / Jerry J. Battista [et al.] // *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. — 2012. — Vol. 13, N 1.
21. *Вимоги з безпеки під час використання лінійних прискорювачів* / Богорад В. І. [та ін.] // *Ядер. та радіац. безпека*. — 2010. — № 4. — С. 39–43.
22. *Pedroni E. Will we need proton therapy in the future?* / E. Pedroni // *Europhysics news*. — 2000. — Nov./Dec. — P. 18–22.

Стаття надійшла до редакції 08.05.2014.

Н. В. КРАСНОСЕЛЬСКИЙ, В. П. СТАРЕНЬКИЙ, Е. Н. СУХИНА, А. В. СВИНАРЕНКО,
В. В. КАРВАСАРСКАЯ, Л. А. АВЕРЬЯНОВА, О. Г. АВРУНИН

ГУ «Институт медицинской радиологии им. С. П. Григорьева НАМН Украины», Харьков

ПУТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОЙ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ В УКРАИНЕ

Проведен анализ современного состояния и возможностей совершенствования дистанционной лучевой терапии (ДЛТ) и определена модель структурного и технологического реформирования радиотерапевтической службы Украины. Предложен принцип территориальной оптимизации распределения новых технологических мощностей и кадрового потенциала как одного из элементов научно обоснованной государственной программы поэтапной комплексной модернизации центров ДЛТ с учетом стартового уровня их технологического и кадрового обеспечения.

Ключевые слова: дистанционная лучевая терапия, кобальтовый аппарат, линейный ускоритель электронов, система планирования ДЛТ, онкорadiологический кластер.

M. V. KRASNOSELSKYI, V. P. STARENKYI, O. M. SUKHINA, A. V. SVYNARENKO,
V. V. KARVASARSKA, L. O. AVERIANOVA, O. H. AVRUNIN

SI «Grigoriev Institute for Medical Radiology of National Academy for Medical Sciences», Kharkov

WAYS OF MODERNIZATION OF EXTERNAL BEAM RADIATION THERAPY IN UKRAINE

The current state and possibilities for the improvement of external beam radiation therapy (EBRT) were analyzed and the model of structural and technological reformation Radiotherapy Service of Ukraine was determined. The principle of territorial optimization of distribution of new technological capacities and personal resources as one of the elements of scientifically based state program of phased comprehensive modernization of EBRT centers considering their starting level of technology and staffing is proposed.

Keywords: external beam radiation therapy, cobalt unit, linac, EBRT planning system, oncoradiological cluster.