

В. І. Богорад¹, Т. В. Литвинська¹,
О. А. Макаровська², А. В. Носовський¹,
Р. Ф. Трипайло²

¹Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки

²Державний комітет ядерного регулювання України

Вимоги з безпеки під час використання лінійних прискорювачів

Представлено результати науково-дослідної роботи щодо розробки вимог з безпеки під час використання лінійних прискорювачів, дотримання яких дасть змогу гарантувати належний рівень радіаційного захисту.

Ключові слова: лінійний прискорювач, доза, радіаційний захист, опромінення.

В. И. Богорад, Т. В. Литвинская, О. А. Макаровская, А. В. Носовский, Р. Ф. Трипайло

Требования к безопасности при использовании линейных ускорителей

Представлены результаты научно-исследовательской работы по разработке требований к безопасности при использовании линейных ускорителей, соблюдение которых позволит гарантировать надлежащий уровень радиационной защиты.

Ключевые слова: линейный ускоритель, доза, радиационная защита, облучение.

© В. І. Богорад, Т. В. Литвинська, О. А. Макаровська, А. В. Носовський, Р. Ф. Трипайло, 2010

Лінійні прискорювачі заряджених частинок широко використовуються у фундаментальних і прикладних наукових дослідженнях, медицині, геології та багатьох інших галузях науки і техніки [1]. На даний час в Україні лінійні прискорювачі електронів почали активно застосовуватись у медицині. В усьому світі одним з ефективних сучасних методів лікування онкологічних захворювань є променева терапія на лінійних прискорювачах. Новий для України метод променевої терапії на лінійних прискорювачах електронів останні роки активно розвивається.

Під час роботи прискорювача основними факторами радіаційної небезпеки є: виведений з прискорювача пучок прискорених електронів; гальмівне випромінювання, фотонейтрони та інші види іонізуючого випромінювання, що виникають у процесі взаємодії електронів і гальмівного випромінювання з ядрами речовин середовища; радіоактивне забруднення робочої камери прискорювача (приміщення прискорювача); радіоактивні гази й аерозолі, що утворюються після опромінення компонентів повітря й речовин, які надходять до нього з об'єктів, що опромінюються, з активованої води, яка охолоджує вузли прискорювача [2]. Тому діяльність з використанням лінійних прискорювачів електронів (далі — лінійних прискорювачів) підлягає ліцензуванню та державному нагляду. Убезпечення використання лінійних прискорювачів є одним з пріоритетних завдань Державного комітету ядерного регулювання України (далі — Держатомрегулювання) як органу державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки.

Широке використання лінійних прискорювачів у медицині вимагає від ліцензіатів високої культури безпеки, а від органів державного регулювання — запровадження сучасних вимог до забезпечення безпечного поводження з ними. В умовах все більшої відкритості суспільства, європейської та світової інтеграції регуляторні документи у сфері поводження з джерелами іонізуючих випромінювань мають бути гармонізовані з міжнародними документами.

Проведений аналіз нормативної вітчизняної бази, рекомендацій міжнародних організацій щодо забезпечення радіаційної безпеки під час використання лінійних прискорювачів [1] показав, що чинні в Україні «Санітарні правила розміщення і експлуатації прискорювачів електронів з енергією до 100 МеВ» [3] мають бути переглянуті.

У статті наведено основні вимоги безпеки при використанні лінійних прискорювачів електронів з енергією до 100 МеВ, що ґрунтуються на сучасних наукових знаннях у галузі радіаційної безпеки, досвіді застосування лінійних прискорювачів, напрацьованому в нашій країні та за кордоном, сучасній нормативно-правовій базі в сфері використання джерел іонізуючого випромінювання.

Загальні вимоги з безпеки

Залежно від енергії прискорених електронів, лінійні прискорювачі поділяються на дві групи:

I — прискорювачі з максимальною енергією прискорених електронів не більше ніж 10 МеВ; за такої енергії електронів фотоядерні реакції можливі лише з окремими ізотопами і наведена активність середовища практично не становить небезпеки здоров'ю людей;

II — прискорювачі з максимальною енергією прискорених електронів більше ніж 10 МеВ, але не більше за 100 МеВ;

у цьому випадку фотоядерні реакції можливі з більшістю ізотопів і має місце активація елементів конструкції прискорювача й повітря під час роботи прискорювача.

Технічна документація на лінійний прискорювач або радіаційну установку з лінійним прискорювачем має містити інформацію, потрібну для розроблення проекту розміщення прискорювача, а саме: максимальне тепловиділення від устаткування й комунікацій; можливість утворення шкідливих газів; максимальні рівні електромагнітних полів, створюваних устаткуванням прискорювача; характеристики пучків випромінювання й положення джерела випромінювання; опис можливих аварій і заходів щодо їхнього попередження й обмеження наслідків; визначення категорії потенційної радіаційної небезпеки об'єкта з прискорювачем; вимоги до розміщення прискорювача; рекомендовану схему розміщення прискорювача й товщину біологічного захисту.

Ліцензіат забезпечує розміщення стаціонарних лінійних прискорювачів відповідно до проекту, розробленого та погодженого в установленому законодавством порядку. Проекти будівництва та (чи) реконструкції приміщень розташування стаціонарних лінійних прискорювачів підлягають державній експертизі ядерної та радіаційної безпеки в установленому законодавством порядку. Забороняється розміщення прискорювачів у житлових будинках та дитячих закладах.

Установки з прискорювачами електронів I групи можуть розташовуватись у виробничому приміщенні або на промисловому майданчику, стаціонарні — у спеціальному приміщенні, установки з лінійними прискорювачами медичного призначення — в окремій будівлі, окремому крилі будівлі або прибудові. Прискорювачі II групи розміщуються в окремій будівлі або окремому крилі будівлі.

Приміщення прискорювача, технологічно пов'язані з його експлуатацією, розміщуються в єдиному комплексі. Склад, кількість і розміри приміщень визначаються на стадії проектування й залежать від призначення та групи прискорювача, обсягу та характеру виконуваних робіт. Забороняється використання приміщень прискорювача для інших цілей.

Лінійні прискорювачі медичного призначення розташовують з урахуванням вільного доступу для стаціонарних та амбулаторних хворих, консолідації всіх терапевтичних радіологічних послуг, близькості додаткових послуг.

У приміщеннях лінійних прискорювачів II групи обладнують душові та приміщення для зберігання й перевдягання засобів індивідуального захисту, необхідних для проведення технічного обслуговування, ремонтних і аварійних робіт, з гарячим і холодним водопостачанням.

Для лінійних прискорювачів II групи має забезпечуватись очищення води, призначеної для охолодження окремих вузлів прискорювача, з метою зниження рівнів наведеної активності домішок у ній.

Робочі поверхні й підлогу робочої камери (процедурного приміщення) лінійних прискорювачів II групи слід покривати слабосорбуючими матеріалами.

За потреби безпосереднього спостереження за роботою лінійного прискорювача (процесом опромінення) облаштовується оглядове вікно та (або) телевізійна установка (монітори).

Безпека на етапах проектування та використання пересувних лінійних прискорювачів у виробничих приміщеннях забезпечується: установленням пульта керування окремо від блока випромінювача на відстані, що забезпечує безпечні умови праці персоналу; застосуванням захисних

кабін; маркуванням контрольованої зони; встановленням знаків радіаційної небезпеки й попереджувальних написів. Для зменшення рівнів іонізуючого випромінювання на вході робочої камери (процедурної) встановлюють коридор у вигляді лабіринту, ширина якого визначається розмірами установки та (або) розмірами засобів транспортування пацієнтів.

Безпека використання лінійних прискорювачів медичного призначення на етапі проектування забезпечується шляхом: розміщення пульта керування медичним прискорювачем в окремому приміщенні (пультовій); розміщення входу до процедурної через пультову, в полі зору оператора; оснащення дверей на вході до процедурної, якщо вони є частиною стаціонарного захисту і обладнані електроприводом, механізмом відкривання дверей вручну зсередини й зовні у разі вимкнення електроживлення; блокування ввімкнення пучка випромінювання, що може вмикатися тільки з кімнати керування, з механізмом закривання дверей до робочої камери (процедурної); обладнання двостороннім переговорним пристроєм зв'язку з пацієнтом під час процедури опромінення; встановлення системи відеоспостереження для контролю положення пацієнта під час опромінення в процедурній, що дає змогу операторові стежити з пульта керування за пацієнтом за будь-якого положення радіаційної головки та стола для пацієнта; облаштування місця зберігання пристроїв для променевої терапії — підставок для змінних засобів формування пучка випромінювання, пристроїв для укладання й фіксації хворого на столі.

Проектування лінійних прискорювачів медичного призначення й організація робіт з ними здійснюються так, щоб відмова одного з компонентів прискорювача виявлялася негайно; це мінімізує будь-яке незаплановане медичне опромінення пацієнтів, зокрема в разі помилки персоналу.

Конструкція лінійного прискорювача має забезпечувати захист від високочастотних і надвисокочастотних електромагнітних полів, а також від постійних електричних і магнітних полів.

Приміщення розташування лінійного прискорювача обладнуються системою вентиляції. Система вентиляції має виключати можливість надходження видаленого з робочої камери прискорювача (процедурної) повітря в суміжні приміщення. За потреби забезпечують контроль за вмістом токсичних і агресивних речовин у повітряному середовищі приміщень прискорювача, що утворюються під час його роботи, а також контроль за справністю та ефективністю роботи вентиляції. Система вентиляції має знижувати концентрацію токсичних речовин у повітрі робочої камери до встановлених рівнів після закінчення роботи прискорювача або після закінчення встановлюваного захисного періоду.

Вентиляція процедурного приміщення лінійних прискорювачів медичного призначення має забезпечувати зниження концентрації токсичних речовин у повітрі процедурної до встановлених величин протягом усього періоду роботи прискорювача в лікувальному режимі. Необхідна кратність повітрообміну в процедурній під час роботи лінійного прискорювача встановлюється на етапі проектування, але не меншою ніж 3 за припливом та 4 — за витяганням.

Приміщення розташування лінійного прискорювача обладнуються системами блокування і сигналізації. На вході до робочої камери треба встановити не менше двох

повністю автономних систем блокування: систему, що зв'язує обладнання на двері із прискорювачем, і систему, що зв'язує механізм відкривання дверей з потужністю дози в робочій камері. Система блокувань прискорювачів медичного призначення, яка дає дозвіл на вмикання випромінювання, має містити підтверджуючий перемикач (розташований у процедурній), який вмикається оператором зсередини процедурної після того, як він переконався у відсутності там сторонніх осіб, окрім пацієнта. У такому перемикачеві потрібно мати реле затримки спрацьовування, щоб опромінення пацієнта унеможливилася, коли система блокувальних пристроїв не спрацювала протягом часу, встановленого для виходу з процедурної всіх осіб. Опромінення має перериватися в разі контакту рухливих частин лінійного прискорювача медичного призначення з тілом пацієнта. Повнення опромінення (після усунення причин переривання) можливе тільки після повторного натискання підтверджуючого перемикача на пульті в процедурній.

У робочій камері встановлюють звукову та світлову сигналізацію, що попереджає про необхідність негайно покинути робочу камеру і лабіринт перед вмиканням прискорювача. Робочу камеру і пультову обладнують двостороннім переговорним зв'язком.

На пульті керування лінійного прискорювача зазначають параметри режиму його експлуатації. У пультовій установлюють сигналізацію, що інформує про рівні іонізуючих випромінювань у робочій камері та на робочих місцях персоналу, неполадки в роботі систем вентиляції, стан блокувальних пристроїв, а також забезпечують зовнішній і внутрішній телефонний зв'язок.

На пульті керування лінійного прискорювача медичного призначення додатково має відображатися інформація про вид і енергію випромінювання, потужність дози в робочому пучку випромінювання, поточні установки параметрів випромінювання, розміри поля випромінювання, використовувані модифікатори пучка випромінювання, відстані до пацієнта, орієнтацію пучка випромінювання, час опромінення пацієнта й задану дозу.

Послуги з пусконаладжувальних та ремонту прискорювачів надають їхні виробники або постачальники чи інші суб'єкти діяльності за наявності в них ліцензії на провадження діяльності з використання ДІВ в частині виконання цих робіт. Пусконаладжувальні роботи провадяться згідно з відповідною інструкцією, до введення лінійного прискорювача в експлуатацію.

На номінальний режим роботи лінійний прискорювач виводять поетапно, починаючи з мінімальних значень параметрів поля випромінювання (струм пучка прискорених електронів, щільність потоку енергії, потужність дози генерованого випромінювання) і послідовно збільшуючи їх до верхньої границі діапазону для кожного виду випромінювання і при кожному значенні енергії випромінювання. На кожному етапі роботи лінійного прискорювача вимірюють рівні випромінювання на зовнішніх поверхнях біологічного захисту, уточнюють розміри контрольованої зони. Після виходу за проектних параметрів на стабільний робочий режим прискорювача вимірюють розподіл полів випромінювання в приміщеннях прискорювача і суміжних з ним приміщеннях. Вимірювання обов'язково проводять в місцях проходження технологічних каналів і отворів у біологічному захисті. Кожна стадія виведення прискорювача на номінальний режим роботи виконується лише з дозволу служби радіаційної безпеки ліцензіата.

Технічне обслуговування лінійних прискорювачів та профілактичні роботи мають виконуватися відповідно до вимог технічної документації на ці установки постачальниками, які мають ліцензію на провадження діяльності з використання ДІВ у частині виконання цих робіт.

Вимоги до радіаційного захисту

Біологічний захист лінійних прискорювачів (приміщень, у яких розташовано прискорювач) виготовляється з матеріалів, що найефективніше послабляють первинне електронне або гальмівне випромінювання та забезпечують найменший вихід вторинного випромінювання (гальмівного, нейтронного тощо) і його ефективне ослаблення.

Біологічний захист від іонізуючого випромінювання розраховується виходячи з категорії персоналу, що перебуває в суміжних приміщеннях, тривалості роботи лінійного прискорювача та призначення приміщень з дотриманням вимог щодо рівнів проектних потужностей доз відповідно до п. 5.1 та додатка 3 до НРБУ-97 [4], п. 9.1.4 ОСПУ-2005 [5]. У розрахунках біологічного захисту слід враховувати максимальний час роботи прискорювача протягом року — реальне робоче навантаження прискорювача, коефіцієнт запасу, що дорівнює 2, фактор присутності, фактор орієнтації пучка випромінювання тощо.

Основою проектування біологічного захисту лінійного прискорювача є параметри поля випромінювання, значення яких наведено в технічній документації на лінійний прискорювач: максимальна енергія прискорених електронів; максимальний струм пучка електронів (потік електронів або щільність потоку електронів); геометричні розміри поля і напрям пучка випромінювання; потужність дози випромінювання на встановленій відстані від вивідного вікна прискорювача; максимальна тривалість роботи прискорювача в режимі випромінювання за зміну і за рік для різних енергій і струмів пучка; захисні властивості індивідуального захисту прискорювача, якщо такий є.

Індивідуальний біологічний захист прискорювача виконується:

з важких матеріалів (свинець, вольфрам та ін.), перед якими розміщують екрани з легких матеріалів (наприклад, алюміній) або облицьовують ними поверхні конструкцій усередині робочої камери для зниження виходу гальмівного випромінювання;

з окремих захисних пересувних блоків, у яких встановлено спеціальні блокування, щоб унеможливити вмикання прискорювача в разі неправильної установки таких блоків.

Всі прорізи, комунікаційні та технологічні канали в біологічному захисті проектуються й виготовляються так, щоб забезпечити радіаційну безпеку суміжних приміщень лінійного прискорювача.

Конструкція входу до робочої камери (процедурної) має захищати приміщення, які примикають до нього (лабіринт з дверима, захисні двері тощо). Вхід розташовують у місцях з найменшими рівнями випромінювання в робочій камері (процедурній). Якщо в робочій камері є додаткові двері (наприклад, у дефектоскопічній лабораторії для подавання виробів на просвічування), їх облаштовують засобами біологічного захисту та системою блокування.

Блоки з джерелами невикористовуваного рентгенівського випромінювання обладнують біологічним захистом та іншими засобами для захисту персоналу (розташування ручок регулювання і клем для підключення перевірючих

приладів на лицевій панелі блоків, локальний захист джерел випромінювання тощо). Потужність поглиненої в повітрі дози невикористовуваного рентгенівського випромінювання не повинна перевищувати 0,1 мкГр/год на відстані 0,1 м від доступної поверхні блоків.

Лінійні прискорювачі експлуатуються персоналом, що має документи встановленого державного зразка про кваліфікацію фахівця, пройшов стажування на робочому місці (тренування з імітатором ДІВ), навчання та перевірку знань з питань радіаційної безпеки та відповідний інструктаж на робочому місці. Призначаються відповідальні за радіаційну безпеку, охоплюючи радіаційний контроль.

Експлуатаційна документація на лінійні прискорювачі має містити програму дозиметричного контролю, положення про службу радіаційної безпеки, інструкцію з експлуатації прискорювача, аварійний план, настанову з якості, програму контролю фізичних параметрів та функціональних характеристик для прискорювачів медичного призначення.

Пристрої для контролю дози лінійних прискорювачів медичного призначення відкалібровують за поглиненою дозою або потужністю поглиненої дози відповідно до встановленої ліцензіатом методики. Калібрування пристроїв контролю дози прискорювачів медичного призначення проводять під час введення в експлуатацію, після проведення будь-яких робіт, що можуть вплинути на параметри випромінювання, а також періодично відповідно до прийнятої програми контролю фізичних параметрів та функціональних характеристик прискорювача. Експлуатуються лінійні прискорювачі медичного призначення лише за наявності клінічних дозиметрів з набором детекторів для енергій та видів випромінювання, що використовуються. Безпека під час експлуатації прискорювачів забезпечується:

розміщенням на зовнішній поверхні прискорювача з індивідуальним (місцевим) захистом, зовнішній поверхні дверей стаціонарної установки, на границі контрольованої зони знака радіаційної небезпеки та інших попереджувальних маркувань відповідно до чинних стандартів;

облаштуванням пульта керування і входу до робочої камери (процедурної) попереджувальними світловими сигналами, що автоматично вмикаються в разі активування роботи;

допуском до роботи персоналу, віднесеного до категорії А, що пройшов інструктаж та має індивідуальні дозиметри;

обмеженням доступу до пультавої та контрольованої зони осіб, не пов'язаних безпосередньо з роботою на лінійному прискорювачі.

Проведення дозиметричного контролю забезпечується в рамках системи дозиметричного контролю для планування захисних заходів з метою оптимізації доз персоналу.

Дозиметричний контроль здійснюється службою радіаційної безпеки самостійно або із залученням сторонньої організації, що має відповідний дозвіл закладу державної санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України, за програмою дозиметричного контролю, яка розробляється на етапі проектування і визначає обсяг, періодичність, місця та засоби контролю.

Ліцензіат забезпечує розроблення та запровадження програми контролю фізичних параметрів і функціональних характеристик прискорювача медичного призначення. Дана

програма має детально описувати процедури контролю, регламентувати періодичність їх проведення і перелік використовуваного устаткування.

Персонал повинен мати необхідні та достатні засоби захисту з урахуванням типу обладнання та специфіки виконуваних робіт (процедур променевої терапії).

Облік отриманих персоналом індивідуальних доз опромінення, зокрема річних доз та отриманих доз за весь період професійної діяльності персоналу, здійснюється в установленому законодавством порядку.

Радіометричне, дозиметричне та інше обладнання, охоплюючи обладнання для процедур калібрування, має відповідати сфері вимірювань, проходити метрологічну атестацію та державну перевірку в установленому законодавством порядку.

Радіаційний захист пацієнтів здійснюється шляхом досягнення максимальної користі від процедур опромінення та мінімізації радіаційного збитку, за умови переваги користі над шкодою. Необхідність проведення пацієнту променевої лікувальної процедури обґрунтовується лікарем на основі медичних показань.

Доза медичного опромінення визначається лікарем індивідуально для кожного пацієнта виходячи з клінічних показань і рекомендованих рівнів медичного опромінення. Процедури променевої терапії мають виконуватися лікарем під контролем інженера-радіолога, який є відповідальним за контроль та перевірку поглиненої пацієнтом дози. Кожне опромінення пацієнта здійснюється тільки після планування (з урахуванням принципу оптимізації) лікувальної процедури лікарем та інженером-радіологом. Пацієнти мають бути забезпечені необхідними та достатніми засобами захисту з урахуванням типу обладнання та виконуваних процедур. Поле опромінення має бути локалізоване в зоні планованого опромінення тіла пацієнта. Потужність дози випромінювання за межами цієї зони має утримуватися на розумно досяжному низькому рівні. Здорові органи й тканини, по можливості, екрануються. Приписана доза та всі параметри, які враховуються в процесі опромінення, мають фіксуватися в індивідуальній картці пацієнта.

Усі пацієнти перед процедурою медичного опромінення повинні отримати інформацію про призначену процедуру, можливість відмовитися від процедури, правила поведінки під час процедури і після неї, можливий негативний вплив іонізуючого випромінювання на здоров'я. Радіаційний захист пацієнтів забезпечується застосуванням системи ідентифікації пацієнтів, реєстрацією доз пацієнтів, оцінкою та реєстрацією доз, отриманих здоровими органами пацієнта під час терапевтичних процедур.

Ліцензіат розробляє аварійний план, що має містити такі основні положення: прогноз можливих радіаційних і нерадіаційних аварій; порядок реагування та інформування в разі виникнення їх; порядок ліквідації радіаційної аварії, заходи та засоби радіаційного захисту персоналу (та пацієнтів) під час виконання цих робіт; інформацію про необхідні медичні заходи у випадку аварійного опромінення персоналу та пацієнтів. Мають бути вжиті усі можливі організаційно-розпорядчі заходи для унеможливлення опромінення як персоналу, так і пацієнтів вище встановлених основних дозових лімітів для відповідної категорії осіб. Таке опромінення потенційно можливе у разі:

порушення правил та норм радіаційної безпеки виконання робіт з опромінення, зокрема медичного опромінення (відсутність засобів захисту або дозиметричного контролю,

експлуатація прискорювачів в умовах, не передбачених технічною документацією, тощо);

виникнення аварійних ситуацій через технічну несправність устаткування (відмова систем блокування, вихід з ладу систем сигналізації, вентиляції тощо);

помилка персоналу (невірне калібрування, неправильне встановлення параметрів випромінювання, часу опромінювання на прискорювачах медичного призначення тощо).

У разі виникнення будь-якої ситуації або обставин, які призвели чи можуть призвести до порушень норм і правил радіаційної безпеки, ліцензіат припиняє експлуатацію лінійного прискорювача й протягом доби інформує Держатомрегулювання та відповідну регіональну Державну інспекцію з ядерної та радіаційної безпеки Держатомрегулювання (далі — Держінспекцію), після чого проводить розслідування причин та обставин порушень, що призвели (чи можуть призвести) до радіаційної аварії.

Ліцензіат забезпечує ліквідацію всіх наслідків аварії, виконання всіх корегувальних та попереджувальних заходів і поновлює експлуатацію лінійного прискорювача тільки після отримання рішення регіональної Держінспекції.

Ліцензіат забезпечує розроблення та реалізацію плану виведення з експлуатації установки з лінійним прискорювачем та несе відповідальність за безпеку персоналу, населення та довкілля протягом всього періоду виведення установки з експлуатації.

Висновки

Основні вимоги з безпеки для лінійних прискорювачів електронів з енергією до 100 МеВ базуються на досвіді сучасної практичної діяльності з джерелами іонізуючих випромінювань, положеннях нових вітчизняних норм та правил.

У розроблених вимогах безпеки, з огляду на сучасні медичні технології, значне місце приділене особливостям роботи з лінійними прискорювачами медичного призначення. Дані вимоги максимально наближені до рекомендацій Міжнародної комісії з радіологічного захисту та Міжнародного агентства з атомної енергії.

Список літератури

1. Богорад В. І. Щодо удосконалення нормативної бази із забезпечення безпеки діяльності з використання лінійних прискорювачів / В. І. Богорад, Т. В. Литвинська, А. В. Носовський, О. Ю. Слєпченко // Ядерна та радіаційна безпека. — 2010. — Вип. 2 (46). — С. 37–41.
2. Гусев Н. Г. Защита от ионизирующих излучений. — В 2 т. — Т. 2: Защита от излучений ядерно-технических установок: Учеб. для вузов / Е. Е. Ковалев, В. П. Машкович, А. П. Суворов. — 3-е изд. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 352 с.
3. Санитарные правила размещения и эксплуатации ускорителей электронов с энергией до 100 МэВ № 1858–78.
4. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). — Затвердж. наказом М-ва охорони здоров'я України від 14.07.1997 № 208, введ. в дію постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01.12.1997 № 62.
5. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. — Затвердж. наказом М-ва охорони здоров'я України від 02.02.2005 № 54., зареєстр. у Мін'юсті України 20.05.2005 за № 552/10832.

Надійшла до редакції 27.07.2010.