

В. І. Богорад¹, Т. В. Литвинська¹, Я. Ю. Белов¹,
А. В. Носовський¹, О. Ю. Слепченко¹,
С. В. Чуприна², Р. Ф. Тріпайло³

¹Державний науково-технічний центр
з ядерної та радіаційної безпеки, м. Київ, Україна

²ТОВ «Фізар», м. Київ, Україна

³Державна інспекція ядерного регулювання України,
м. Київ, Україна

Радіаційна безпека циклотронного виробництва ізотопів для діагностики методом позитрон-емісійної томографії. Аналіз національних та міжнародних вимог

Виконано аналіз вітчизняних нормативно-правових актів, документів Міжнародного агентства з атомної енергії та директив Європейського Союзу, в яких наведено вимоги та рекомендації щодо циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування в діагностиці методом позитрон-емісійної томографії. Встановлено потреби в удосконаленні безпеки діяльності з циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування в діагностиці методом ПЕТ, обумовлені невідповідністю нормативної бази сучасному рівню вимог та рекомендацій у цій сфері.

Ключові слова: радіаційний захист, позитрон-емісійна томографія, ПЕТ-технології, джерела іонізуючого випромінювання.

**В. И. Богорад, Т. В. Литвинская, Я. Ю. Белов, А. В. Носовский,
А. Ю. Слепченко, С. В. Чуприна, Р. Ф. Трипайло**

Радиационная безопасность циклотронного производства изотопов для диагностики методом позитрон-эмиссионной томографии. Анализ национальных и международных требований

Дан анализ отечественных нормативно-правовых актов, документов Международного агентства по атомной энергии и директив Европейского Союза, в которых приведены требования и рекомендации по циклотронному производству изотопов и их применению в диагностике методом позитрон-эмиссионной томографии. Установлены потребности в совершенствовании безопасности деятельности по циклотронному производству изотопов и их применению в диагностике методом ПЭТ, обусловленные несоответствием нормативной базы современному уровню требований и рекомендаций в этой сфере.

Ключевые слова: радиационная защита, позитрон-эмиссионная томография, ПЭТ-технологии, источники ионизирующего излучения.

© В. І. Богорад, Т. В. Литвинська, Я. Ю. Белов, А. В. Носовський,
О. Ю. Слепченко, С. В. Чуприна, Р. Ф. Тріпайло, 2013

Прискорювачі заряджених частинок, зокрема циклотрони, широко використовуються в сучасній ядерній медицині для виробництва радіоактивних ізотопів з метою їх подальшого використання у складі радіофармацевтичних препаратів (далі — РФП) для діагностики методом позитрон-емісійної томографії (далі — ПЕТ-технології). Радіонукліди та РФП, отримані на їх основі, є важливим інструментом ключових досліджень у різних галузях науки, діагностики й лікування багатьох небезпечних для життя хвороб. Велика кількість держав перебуває в процесі розбудови нових циклотронних установок для виробництва радіоактивних медичних препаратів для ПЕТ. Деякі з циклотронів плануються як мультидисциплінарні, призначені не тільки для радіофармацевтичного виробництва, а й для інших цілей, таких, наприклад, як дослідження матеріалів.

На цей час РФП виготовляють багато країн: одні — рівною мірою для внутрішніх потреб та експорту (Сполучені Штати Америки, Великобританія, Німеччина, Індія), інші (Франція, Італія, Бельгія) в основному експортують їх до країн, що розвиваються.

Зараз в Україні все більше медичних закладів використовує у своїй клінічній практиці діагностику на базі ПЕТ-технологій. Введено в експлуатацію ПЕТ-центр з циклотронним виробництвом РФП, ще один — на стадії введення в експлуатацію, кілька — плануються або проектується.

Діяльність з циклотронного виробництва радіоізотопів і подальшого їх застосування в діагностиці методом ПЕТ-технологій підлягає ліцензуванню й державному нагляду як діяльність з виробництва та використання джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ). Убезпечення використання прискорювачів є однією з пріоритетних задач Державної інспекції ядерного регулювання України (далі — Держатомрегулювання України) — органу регулювання ядерної та радіаційної безпеки.

Розвиток сучасних наукових знань з радіаційної безпеки, досвід застосування прискорювачів та поводження з РФП, напрацьований у нашій та інших країнах, розбудова нормативно-правової бази щодо ПЕТ-технологій є підґрунтям перегляду старих і розробки нових документів з регулювання безпеки діяльності в цій сфері.

Використання ДІВ, зокрема у ПЕТ-технологіях, вимагає від ліцензіатів високого рівня культури безпеки, а від органів державного регулювання — встановлення сучасних вимог до безпечного поводження з ДІВ. В умовах все більшої відкритості суспільства та європейської й світової інтеграції регуляторні документи в сфері поводження з ДІВ мають бути гармонізовані з документами міжнародних організацій та директивами ЄС.

За результатами виконання цієї роботи на базі аналізу нових вітчизняних норм та правил, а також міжнародних стандартів, з урахуванням рекомендацій МАГАТЕ та сучасної практики буде розроблений документ, що встановлюватиме вимоги та умови безпеки діяльності з циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування для діагностики методом ПЕТ-технологій.

Відповідність чинних правил та норм з виробництва й застосування відкритих радіофармацевтичних препаратів нормативно-правовим актам України. Документом, що регламентує забезпечення застосування ізотопів у діагностичних цілях, є «Правила и нормы применения открытых радиофармацевтических препаратов в диагностических целях» № 2813–83 [1]. Цей документ встановлює основні правила радіодіагностичних досліджень, зокрема вимоги до препаратів, методик досліджень, дозових навантажень під час проведення діагностичних процедур, радіаційного

захисту пацієнтів. Документ розроблено майже 30 років тому на базі чинних тоді «Норм радиационной безопасности НРБ-76/87» [2], «Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-72/80» [3]. Він регламентує радіонуклідні «in vivo» дослідження з урахуванням дозових навантажень.

Убезпечення експлуатації прискорювачів заряджених частинок, зокрема циклотронів, регламентується НАОП 9.5.10–1.01–84 «Правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений в учреждениях, организациях и на предприятиях Академии наук СССР» [4].

На сьогоднішній день в Україні безпека використання ядерної енергії та ДІВ регулюється низкою законодавчих та нормативних актів. Зокрема, основні положення безпеки містяться в законах України:

«Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [5];

«Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії» [6];

«Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» [7];

«Про поводження з радиоактивными відходами» [8];

«Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радиоактивных відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» [9];

«Про цивільну відповідальність за ядерну шкоду та її фінансове забезпечення» [10].

Норми та правила безпеки, що реалізують положення цих законів, базуються на рекомендаціях МАГАТЕ і Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ) та визначають конкретні вимоги щодо забезпечення використання ДІВ.

«Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)» [11] розроблено відповідно до «Международных основных норм безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками ионизирующего излучения» [12]. НРБУ-97 [11] встановлено три основні принципи радіаційного захисту: виправданості, неперевищення, оптимізації. Ці принципи не відображено в чинних «Правилах и нормах применения открытых радиофармацевтических препаратов в диагностических целях» [1]. Тому, розробляючи нові вимоги і критерії радіаційної безпеки циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування в діагностиці методом ПЕТ-технологій, треба врахувати зазначені принципи, спираючись при цьому на: а) категоризація персоналу; б) основні регламенти першої та другої груп; в) референтний час опромінення для персоналу різних груп та населення відповідно до вимог [11].

НРБУ-97 [11] запроваджено систему радіаційно-гігієнічних регламентів, для яких встановлено відповідні дозові обмеження, систему допустимих рівнів радіаційних параметрів, що характеризують шляхи формування доз опромінення, введено поняття ризику в сфері регулювання радіаційної безпеки. Радіаційно-гігієнічні регламенти другої групи, зокрема, визначають, що:

ліміти доз для обмеження медичного опромінення не встановлюються, а необхідність проведення певної рентгенологічної чи радіологічної процедури визначається лікарем на підставі медичних показань;

повторність однотипних рентгенологічних та радіологічних діагностичних процедур обґрунтовується тільки

потребою й можливістю отримання нової чи розширеної інформації. Необґрунтоване дублювання однотипних діагностичних процедур забороняється. Щоб запобігти повторам однотипних рентгено-радіонуклідних процедур та отримати якісну клінічну інформацію, слід проводити атестацію персоналу та робочих місць, сертифікацію рентгенівської й радіонуклідної діагностичної, радіотерапевтичної техніки та РФП відповідно до порядку, що встановлює Міністерство охорони здоров'я України.

Ці положення також мають бути враховані у вимогах безпеки до ПЕТ-технологій.

«Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України» [13], як і НРБУ-97 [11], розроблено на базі рекомендацій МКРЗ та МАГАТЕ, зокрема викладених у документі [12]. Документ [13] встановлює вимоги до безпечного поводження з відкритими та закритими ДІВ. Вимоги охоплюють етапи проектування, експлуатації та зберігання, розповсюджуючись на систему радіаційно-дозиметричного контролю, служби радіаційної безпеки, облік дозових показників, облаштування приміщень, в яких проводяться роботи з ДІВ, встановлення відповідальності, інструктивно-методичну документацію. Сформульовано ряд вимог у термінах неперевищення радіаційних параметрів для конкретних установок (джерел), зокрема тих, що генерують іонізуюче випромінювання.

І ці положення теж слід відобразити у вимогах безпеки до ПЕТ-технологій.

Набула розвитку нормативна база, що регулює в Україні систему ліцензування діяльності у сфері використання ядерної енергії, яка поширюється і на діяльність з використання ДІВ. Вона містить такі документи:

«Умови та правила провадження діяльності з виробництва джерел іонізуючого випромінювання (НП 306.4.05/2.046–01)» [14];

«Вимоги та умови безпеки (ліцензійні умови) провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання (НП 306.5.05/2.065–02)» [15];

«Вимоги до звіту про аналіз безпеки провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання (НП 306.5.05/2.066–02)» [16];

«Правила ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радиоактивных матеріалів (ПБПРМ-2006), (НП 306.6.124–2006)» [17];

«Правила забезпечення збереження ядерних матеріалів, радиоактивных відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання (НП 306.4.08/1.042–00)» [18].

Зазначені документи встановлюють загальні умови і вимоги до безпеки діяльності з ДІВ, але не враховують особливостей конкретних ДІВ, умов їх виробництва та використання. Тому в розвиток цих документів розроблюються ліцензійні умови та вимоги для різних сфер поводження з ДІВ (у медицині, дефектоскопії тощо) та окремих видів ДІВ, зокрема прискорювачів, з урахуванням їх специфіки.

Аспекти безпеки ПЕТ-технологій у міжнародних рекомендаціях. Із поширенням застосування ДІВ у промисловості та медицині все більше уваги проблемам безпеки приділяється з боку МАГАТЕ. Так, документ «Cyclotron Produced Radionuclides: Guidelines for Setting Up a Facility. Technical Reports Series No. 471» [19], який ґрунтується на сучасних підходах до радіаційного захисту персоналу, населення та довкілля, визначає засади безпечного використання ДІВ при циклотронному виробництві ізотопів для ПЕТ-діагностики. У документі відображено сучасний підхід до забезпечення безпеки будівництва циклотронних

установок, призначених для виробництва радіонуклідів і радіоактивних медичних препаратів.

Документ «The Role of PET/CT in Radiation Treatment Planning for Cancer Patient Treatment» [20] присвячений ролі позитронно-емісійної томографії з комп'ютерною томографією у плануванні радіаційних процедур лікування пацієнтів, хворих на рак, і може розглядатися як керівництво до дії для осіб, зайнятих у клінічних дослідженнях і практиці в сфері ядерної медицини й радіаційної онкології. У документі висвітлюються такі питання:

- планування радіаційної терапії;
- візуалізація для планування радіаційної терапії (при структурних і функціональних дослідженнях);
- радіоактивні медичні препарати для функціонального дослідження ракових утворень;
- роль ПЕТ-технологій у плануванні радіаційної терапії певних типів пухлин.

Зазначається, зокрема, що клінічні ПЕТ-технології у поєднанні із застосуванням фтор-18-фтордезоксиглюкози (F18-FDG) можуть відігравати важливу роль під час планування радіаційних процедур при раку легенів. У разі, коли відповідні радіаційні процедури призначені в рамках лікувальної або паліативної терапії, F18-FDG-PET є корисною для точного визначення меж локалізації та обмеження області опромінення для захисту здорових тканин.

Документ «A Guide to Clinical PET in Oncology: Improving Clinical Management of Cancer Patients» [21] є коротким оглядом і джерелом відповідної інформації про застосування клінічних ПЕТ-технологій в онкології для лікарів-радіологів та клінічних практиків. У [21] наведено оцінки економічної ефективності клінічних ПЕТ-технологій в онкології. Ця інформація може бути корисною для прийняття рішення, поліпшення клінічного менеджменту в онкології, розподілу ресурсів системи охорони здоров'я. В документі розглядається роль ПЕТ/КТ у плануванні радіаційних процедур для пацієнтів, хворих на рак.

Документ «Radiation Protection in Newer Medical Imaging Techniques: PET/CT» [22] надає поради-настанови з радіаційного захисту в галузі новітніх медичних технологій візуалізації за допомогою ПЕТ/КТ, що інтенсивно розвиваються в радіології та ядерній медицині. Він розглядає різні аспекти радіаційного захисту при проектуванні ПЕТ/КТ-установок, зокрема, типи ПЕТ-сканерів залежно від їх медичного призначення; клінічні методології із застосуванням РФП, питання опромінення під час проведення ПЕТ/КТ-процедур, управління дозами пацієнтів; обґрунтованість ПЕТ/КТ-процедур, оптимізацію ПЕТ/КТ-процедур; радіаційний захист персоналу ПЕТ/КТ-установок, планування приміщень, біологічний захист, стратегію зниження доз персоналу, програму радіаційного захисту, зокрема встановлення і розподіл відповідальності, призначення комітету радіаційного захисту, призначення відповідального за радіаційний захист і безпеку, підготовку набору місцевих правил і протоколів, засоби індивідуального захисту, навчання тощо.

Значної уваги захисту працівників від дії іонізуючого випромінювання приділено в директивах ЄС. Основні положення щодо забезпечення від впливу радіації містяться у Директиві Ради 96/29/Євратом від 13 травня 1996 р. «Основні стандарти безпеки для захисту здоров'я працівників та населення від небезпеки, що виникає від іонізуючої радіації» [23], Директиві Ради 90/611/Євратом від 4 грудня 1990 р. «Про захист робітників, що працюють по найму, схильних до ризику проникаючої радіації протягом

їх роботи в контрольованих зонах» [24], Директиві Ради 96/618/Євратом від 27 листопада 1989 р. «Інформування широкої громадськості про заходи охорони здоров'я, що мають вживатися, та дії, які повинні виконуватися у випадку радіаційної аварії» [25], Директиві Ради 2003/122/Євратом від 22 грудня 2003 р. «Про контроль над закритими джерелами високого радіоактивного випромінювання і кинутими джерелами» [26]. Цими документами встановлено як обмеження щодо граничних доз опромінення персоналу та населення, так і вимоги щодо організації робочих місць, моніторингу, захисних заходів, ведення записів, медичного контролю працівників, інформування, реагування на радіаційні аварії, вимоги до зберігання джерел іонізуючого випромінювання та захоронення радіоактивних відходів. Визначено категорії персоналу, який працює з ДІВ, регламентовано положення щодо інформації про індивідуальні дози опромінення працівників (записи, облік, бази даних), інформування громадськості про радіаційні аварії тощо.

Основні директиви Євратому [23, 24, 25, 26] щодо забезпечення радіаційного захисту персоналу, пацієнтів та населення вийшли набагато пізніше, ніж набули чинності «Правила и нормы применения открытых радиофармацевтических препаратов в диагностических целях» № 2813-83 [1], тому цілий ряд сучасних вимог до радіаційної безпеки під час діяльності з РФП, а також питання проектування та використання прискорювачів у документі [1] відсутні. Насамперед, відсутні вимоги з організації радіаційного захисту персоналу на основі таких понять, як програма якості, програма радіаційного контролю, культура безпеки, принципи обґрунтованості та оптимізації. Саме ці вимоги займають велике місце в директивах ЄС. Крім того, велика увага в директивах ЄС (Директива Ради 97/43/Євратом від 30 червня 1997 р. «Про захист здоров'я громадян від іонізуючого випромінювання при використанні його в медичних цілях» [27]) приділяється безпеці пацієнтів, вимоги до якої в чинному нині документі [1] відсутні.

У «Правилах работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений в учреждениях, организациях и на предприятиях Академии наук СССР» [4] встановлено вимоги до використання прискорювачів у наукових дослідженнях без урахування специфіки виробництва та подальшої обробки радіоізотопів для медичного використання. Зокрема, специфічні вимоги щодо виготовлення РФП певною мірою суперечать вимогам радіаційного захисту персоналу при циклотронному виробництві. Всі ці аспекти не враховані й не відображені в сучасній вітчизняній нормативній базі, що регулює безпеку поводження з ДІВ, різні методи напрацювання радіоізотопів, їх доставку до місця призначення, проведення ПЕТ-процедур тощо.

Висновки

З моменту набрання чинності документів, що визначають правила та норми застосування РФП у діагностичних цілях, розроблено нові підходи до регламентації опромінення персоналу та населення. Стали жорсткішими дозові ліміти, з'явилися нові технології, що використовують ДІВ, розроблено нові вимоги до забезпечення поводження з ДІВ та нові підходи до регулювання безпеки, наприклад інститут ліцензування. Все це потребує розвитку та вдосконалення нормативної бази в сфері поводження з ДІВ, а сучасні

вимоги та рекомендації з радіаційної безпеки мають бути відображені в положеннях нових документів, що регулюють безпеку діяльності з циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування у діагностиці за допомогою ПЕТ-технологій.

Сучасні підходи до нормування радіаційних впливів на населення, персонал та довкілля, комплексний підхід до забезпечення радіаційного захисту є тими передумовами, на яких має базуватися нормативне регулювання безпеки.

Аналіз нормативної вітчизняної бази, рекомендацій МАГАТЕ та директив ЄС щодо убезпечення діяльності з циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування для діагностики методом ПЕТ/ТК показав:

1. «Правила и нормы применения открытых радиофармацевтических препаратов в диагностических целях» № 2813–83 [1] є єдиним чинним документом, що встановлює вимоги до радіаційної безпеки при використанні РФП у діагностичних цілях. Він не враховує новітніх медичних технологій із застосуванням відкритих ДІВ, а вимоги безпеки до циклотронного виробництва РФП взагалі відсутні.

2. У документі «Правила и нормы применения открытых радиофармацевтических препаратов в диагностических целях» № 2813–83 [1] відсутня низка положень, визначених директивами ЄС [23, 24, 25, 26, 27] та чинними на сьогоднішній день нормативними документами України.

3. Нормативні документи, які встановлюють правила та норми застосування РФП у діагностичних цілях, мають бути переглянуті як внаслідок повного оновлення вітчизняної нормативної бази, так і внаслідок широкого вживання у вітчизняних медичних закладах нових видів діяльності з циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування для діагностики методом ПЕТ.

При розробленні вимог безпеки ПЕТ-технологій необхідно базуватися на вимогах чинних вітчизняних нормативно-правових актів, враховувати рекомендації МАГАТЕ, директиви ЄС та спиратися на сучасний вітчизняний та найкращий закордонний досвід.

Список використаної літератури

1. Правила и нормы применения открытых радиофармацевтических препаратов в диагностических целях: СП 2813–83. — Утвержд. Главным гос. санитарным врачом СССР 25 мая 1983 г. № 2813–83.

2. Нормы радиационной безопасности: НРБ-76/87 / Минздрав СРСР. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 90 с.

3. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующего излучения: ОСП 72/87 / Минздрав СРСР. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 70 с.

4. Правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующего излучения в учреждениях, организациях и на предприятиях Академии наук СССР (НАОП 9.5.10–1.01–84). — М: Наука, 1984.

5. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку»: Постанова ВР № 40/95-ВР від 08.02.95 // Відомості Верховної Ради України. — 1995. — № 12. — Ст. 81.

6. Закон України «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії» № 1370-XIV від 11.01.2000 // Відомості Верховної Ради України. — 2000 — № 9 — Ст. 68.

7. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» № 15/98-ВР від 14.01.1998 // Відомості Верховної Ради України. — 1998. — № 22. — Ст. 115.

8. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» № 255/95-ВР від 30.06.1995 : Постанова ВР № 256/95-ВР від 30.06.95 // Відомості Верховної Ради України. — 1995. — № 27. — Ст. 198.

9. Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» № 2064-III від 19.10.2000 // Відомості Верховної Ради України. — 2001. — № 1. — Ст. 1.

10. Закон України «Про цивільну відповідальність за ядерну шкоду та її фінансове забезпечення» № 2893-III від 13.12.2001 // Відомості Верховної Ради України. — 2002. — № 14. — Ст.96.

11. Норми радіаційної безпеки України: НРБУ-97. — Затвердж. наказом М-ва охорони здоров'я України від 14.07.1997 № 208, введено в дію постановою Головного держ. санітарного лікаря України від 01.12.1997 № 62.

12. Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующего излучения и безопасного обращения с источниками ионизирующего излучения. Серия изданий по безопасности № 115. — Вена: МАГАТЭ, 1997.

13. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ДСП 6.177–2005–09–08). — Затвердж. наказом М-ва охорони здоров'я України від 02.02.2005 № 54, зареєстр. Мін'юстом України 20.05.2005 за № 552/10832.

14. Умови та правила провадження діяльності з виробництва джерел іонізуючого випромінювання (НП 306.4.05/2.046–01). — Затвердж. наказом Мінекоресурсів України 20.03.01 № 111, зареєстр. Мін'юстом України 11.04.01 за № 334/5525.

15. Вимоги та умови безпеки (ліцензійні умови) провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання (НП 306.5.05/2.065–2002). — Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 02.12.02 № 125, зареєстр. Мін'юстом України 17.12.02 за № 978/7266.

16. Вимоги до звіту про аналіз безпеки провадження діяльності з використання джерел іонізуючого випромінювання (НП 306.5.05/2.066–2002). — Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 02.12.02 № 125, зареєстр. Мін'юстом України 17.12.02 за № 979/7267.

17. Правила ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів (ПБПРМ-2006), (НП 306.6.124–2006). — Затвердж. наказом Держатомрегулювання України від 30.08.06 № 132, зареєстр. Мін'юстом України 18.09.2006 за № 1056/12930.

18. Правила забезпечення збереження ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання (НП 306.4.08/1.042–00). — Затвердж. наказом Мінекоресурсів України від 14.12.00 № 241, зареєстр. Мін'юстом України 12.01.01 за № 13/5204.

19. Cyclotron Produced Radionuclides: Guidelines for Setting Up a Facility. Technical Reports Series No. 471. — Vienna: IAEA, 2009.

20. The Role of PET/CT in Radiation Treatment Planning for Cancer Patient Treatment. IAEA-TECDOC-1603. — Vienna: IAEA, 2008.

21. A Guide to Clinical PET in Oncology: Improving Clinical Management of Cancer Patients. IAEA-TECDOC-1605. — Vienna: IAEA, 2008.

22. Radiation Protection in Newer Medical Imaging Techniques: PET/CT. Safety Reports Series No. 58. — Vienna: IAEA, 2008.

23. Директива Ради 96/29/Євратом від 13 травня 1996 р. Основні стандарти безпеки для захисту здоров'я працівників та населення від небезпеки, що виникає від іонізуючої радіації.

24. Директива Ради 90/641/Євратом від 4 грудня 1990 р. Про захист робітників, що працюють по найму, схильних до ризику проникаючої радіації протягом їх роботи в контрольованих зонах.

25. Директива Ради 96/618/Євратом від 27 листопада 1989 р. Інформування широкої громадськості про заходи охорони здоров'я, що мають вживатися, та дії, які повинні виконуватись у випадку радіаційної аварії.

26. Директива Ради 2003/122/Євратом від 22 грудня 2003 р. Про контроль над закритими джерелами високого радіоактивного випромінювання і кинутими джерелами.

27. Директива Ради 97/43/Євратом від 30 червня 1997 р. Про захист здоров'я громадян від іонізуючого випромінювання при використанні його в медичних цілях.

Отримано 13.11.2012.