УДК 621.039:615.849

В. І. Богорад[1], Т. В. Литвинська[1], Я. Ю. Бєлов[1], А. В. Носовський[1], О. Ю. Слепченко[1], С. В. Чуприна[2], Р. Ф. Тріпайло[3]

[1] *Державний науково-технічний центр з ядерної та радіаційної безпеки, м. Київ, Україна*
[2] *ТОВ «Фізар», м. Київ, Україна*
[3] *Державна інспекція ядерного регулювання України, м. Київ, Україна*

Розробка вимог і критеріїв з радіаційної безпеки циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування в діагностиці методом позитрон-емісійної томографії

Розроблено вимоги та критерії радіаційної безпеки циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування в діагностиці методом позитрон-емісійної томографії, які, за умови дотримання їх ліцензіатом, гарантуватимуть належний рівень радіаційного захисту, сприятимуть підвищенню ефективності ліцензування й нагляду за провадженням цієї діяльності.

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

Разработка требований и критериев радиационной безопасности циклотронного производства изотопов и их применение в диагностике методом позитрон-эмиссионной томографии

Разработаны требования и критерии радиационной безопасности циклотронного производства изотопов и их применения в диагностике методом позитрон-эмиссионной томографии, которые, при условии соблюдения их лицензиатом, гарантируют надлежащий уровень радиационной защиты, будут способствовать повышению эффективности лицензирования и надзора за осуществлением этой деятельности.

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

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

Розвиток сучасних медичних технологій із застосуванням як простих радіонуклідних джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ), так і складних установок з їх виробництва, обумовлює необхідність у регулюючих вимогах, які встановлюють певні обмеження зазначеної діяльності з метою захисту персоналу та населення з урахуванням медичних потреб пацієнтів.

Розробляючи такі вимоги, за основу бралися сучасні наукові знання й технологічні напрацювання у сфері радіаційних технологій та ядерної медицини, міжнародний і вітчизняний досвід застосування позитрон-емісійної томографії (ПЕТ-технологій), сучасна нормативно-правова база з використання ДІВ. Розглядалися питання проектування та розміщення установок ПЕТ-технологій, організаційні заходи з радіаційного захисту, дозиметричного контролю, поводження з радіоактивними відходами (РАВ), аварійного планування тощо.

Проектування та розміщення циклотронного виробництва ізотопів та приміщень для діагностики методом ПЕТ-технологій. Циклотронне виробництво ізотопів та приміщення для діагностики методом ПЕТ-технологій розміщуються ліцензіатом відповідно до проекту, розробленого та погодженого в установленому законодавством порядку. При цьому проекти будівництва та реконструкції циклотронного виробництва ізотопів і приміщень для діагностики методом ПЕТ-технологій підлягають державній експертизі ядерної та радіаційної безпеки в установленому законодавством порядку.

Циклотронне виробництво ізотопів розташовують в окремій будівлі або окремому корпусі з урахуванням типу циклотрона: циклотрон з власним захистом або неекранований циклотрон. Неекранований циклотрон розміщують у спеціально відведеному бетонному сховищі — бункері.

Забороняється розміщення циклотронного виробництва ізотопів та приміщень для діагностики методом ПЕТ-технологій у житлових будинках та дитячих закладах.

Заходи із захисту передбачаються вже на етапі проектування установки, при цьому конструкція установки має задовольняти будівельним нормам, враховувати вимоги з радіаційної безпеки та вимоги до фармацевтичного виробництва.

Зокрема, вентиляція установки циклотронного виробництва ізотопів конструюється так, щоб приміщення з циклотроном (бункер) мало найнижчий тиск у будівлі, «гаряча» лабораторія — більш високий тиск, інші оточуючі приміщення — найвищий тиск. У проекті установки передбачається єдиний для персоналу вхід і вихід, обладнаний санпропускником та саншлюзом.

Всі приміщення, технологічно пов'язані з експлуатацією установки, розміщують в єдиному комплексі на суміжних площах або на максимально близькій відстані одне від одного. Склад, кількість і розміри приміщень визначаються на стадії проектування й залежать від призначення, обсягу й характеру виконуваних робіт.

Усі вакуумні лінії циклотронного виробництва ізотопів повинні мати холодні пастки або фільтри для запобігання радіоактивному забрудненню.

У проекті установки циклотронного виробництва ізотопів закладається приміщення зберігання газових балонів, доступ до якого забезпечують ззовні. В лінії постачання токсичних газів використовуються коаксіальні труби. Водень постачається в металевих балонах з іскрогасниками. Газові балони розташовуються в безпосередній близькості до циклотрона, але не всередині бункера.

«Гарячі» камери повинні бути герметичними, з гладкими внутрішніми поверхнями, зробленими з нержавіючої сталі.

Як захисні матеріали «гарячих» камер, для захисту персоналу від гамма-випромінювання використовують різні види бетону, свинцю, свинцевого скла, сталі й збідненого урану.

Робочі поверхні всередині бункера або в області, що безпосередньо примикає до нього, повинні бути стійкими до хімічного впливу, гладкими й такими, що легко дезактивуються та не генерують пилу, підлога бункера — твердою, гладкою, пофарбованою або з епоксидним покриттям, легко митися.

Проектна документація на циклотронне виробництво ізотопів має містити інформацію про характеристики системи водоохолодження, схему установки блокуючих пристроїв на вході до приміщення циклотрона, характеристики пучків випромінювання, характеристики конструкційних матеріалів, рекомендовану схему розміщення циклотрона з зазначенням товщини біологічного захисту, а також опис можливих аварій і заходів щодо їх попередження та зменшення наслідків.

Планування приміщень та біологічного захисту для циклотронного виробництва ізотопів і діагностики методом ПЕТ-технологій. Склад приміщень для установки циклотронного виробництва ізотопів залежить від виду запланованої роботи та кількості працюючого персоналу. Обов'язково передбачаються сховища РФП (радіо-фармацевтичних препаратів) та РАВ, лабораторії для обробки матеріалів, приміщення синтезу РФП і контролю якості, приміщення зберігання газових балонів, офісні приміщення для ведення обліку та обробки результатів. Поза лабораторними приміщеннями передбачаються окремі місця для приймання їжі.

У плануванні установки циклотронного виробництва ізотопів враховують шляхи переміщення радіоактивних матеріалів і людей на об'єкті. Планування приміщень циклотронного виробництва ізотопів розглядають у контексті послідовності технологічних операцій. Приміщення повинні розташовуватися в безпосередній близькості від усіх місць, де виконуються операції в ланцюгу виробництва РФП. Інший підхід полягає у використанні екранованих транспортних систем для переміщення радіоізотопів з однієї зони в іншу без контакту з людиною. Вікно в стіні є ефективним засобом такого переміщення, зводячи до мінімуму ймовірність поширення забруднення.

Простір «гарячої» лабораторії циклотронного виробництва ізотопів фізично відокремлюють від простору робочих місць інших працівників, офісних приміщень та місць приймання їжі. Виходячи з лабораторії, працівники не повинні перетинати зону, де використовуються небезпечні матеріали. Створюється видимий поділ між лабораторними та нелабораторними приміщеннями, наприклад за допомогою різних підлогових покриттів. У зонах з автоклавами передбачається достатньо місця, щоб мати доступ до них для технічного обслуговування. Дренажні системи автоклава мають запобігати або мінімізувати затоплення та пошкодження підлоги.

Трубопроводи, якими радіоактивні гази й рідини передаються з циклотрона до «гарячої» лабораторії, розміщують у захисних оболонках. Ці лінії мають бути захищені так, щоб рівні радіації під час транспортування не перевищували фонових рівнів. Радіоактивні матеріали також можуть переміщуватися в екранованих контейнерах.

До складу приміщень для діагностики методом ПЕТ-технологій входять «гаряча» лабораторія для зберігання РФП, калібрування та дозування, сховище РАВ і окрема зона, де пацієнти отримують ін'єкції та проходять витримку.

Зона, призначена для відвідування тільки персоналом, має бути доступною без проходження ним через зони з високою активністю. Пацієнти повинні мати можливість входити до відділення та покидати його без проходження через зони, призначені для відвідування тільки персоналом.

Схема приміщень проектується з урахуванням пересування пацієнта відповідно до етапів обстеження. Маршрут виходу пацієнтів після сканування планується так, щоб, за можливістю, пацієнти залишали лікарню швидко, не проходячи через інші відділення або зони скупчення людей. Бажано передбачити наявність кімнати для опитування та кімнати очікування.

Для діагностики методом ПЕТ-технологій передбачається затишна та затемнена зона ін'єкцій (витримки): залежно від особливостей ПЕТ/КТ-сканера вона має до чотирьох кімнат, де пацієнтів ізолюють на час процедур. Зона витримки потребує високого рівня захисту, в кожній кімнаті встановлюють розкладне крісло для пацієнта, столик на коліщатках для інструментів та захищену урну для сміття. Принаймні одну з кімнат витримки пристосовують під розміщення в ній візка або носилок для пацієнта. Для дистанційного моніторингу пацієнтів та забезпечення зниження доз персоналу в кімнатах витримки встановлюють систему відеоспостереження.

Мінімальні вимоги до розмірів кімнати сканування визначають у проектній документації постачальника. ПЕТ/КТ-сканер розміщують так, щоб гентрі був спрямований на дальню від консолі стіну процедурної. ПЕТ/КТ-сканер відокремлюється від кімнати сканування свинцево-скляними вікнами. Забезпечується наявність засобів нагляду за пацієнтом та засобів підтримки мовного контакту з пацієнтом.

Для біологічного захисту приміщень ПЕТ-установок використовують матеріали, що найефективніше послаблюють первинне, гамма- та нейтронне випромінювання і забезпечують найменший вихід вторинного випромінювання (гальмівного, нейтронного тощо) та його послаблення. Розраховуючи біологічний захист циклотрона, беруть до уваги тип циклотрона, енергії та тип частинок і мішеней, що використовимуться.

Усі зони будівлі, де розміщується ПЕТ-установка, мають бути оцінені з точку зору захисту, включаючи приміщення, розміщені над та під кімнатами, де пацієнти отримують ін'єкції, проходять витримку та скануються. У розрахунках біологічного захисту враховують вплив від численних джерел, розміщених поблизу від кожної зони перебування. Матеріали біологічного захисту (свинець, залізо та бетон) вибирають за їхньою вартістю, масою та можливістю застосування захисних матеріалів різної товщини на різних ділянках.

Пусконалагоджувальні, ремонтні роботи та технічне обслуговування. Послуги щодо пусконалагоджувальних робіт, ремонту, технічного обслуговування циклотрона та ПЕТ/(ПЕТ/КТ)-сканерів можуть надаватися ліцензіату виробником, постачальником або іншими суб'єктами діяльності в разі наявності у них ліцензії на провадження діяльності з використання ДІВ у частині виконання цих робіт.

Ліцензіат забезпечує проведення пусконалагоджувальних робіт згідно з відповідною програмою до введення циклотрона в експлуатацію. Роботи охоплюють налагоджування систем радіаційного контролю, блокування, сигналізації та вентиляції приміщень циклотрона.

Пусконалагоджувальні або ремонтні роботи на циклотроні здійснюються за умови проведення індивідуального

дозиметричного контролю персоналу, залученого до виконання цих робіт, з використанням усіх необхідних засобів захисту та під наглядом служби радіаційної безпеки ліцензіата.

На номінальний режим роботи циклотрон виводять поетапно. На кожному етапі вимірюють рівні випромінювання на зовнішніх поверхнях біологічного захисту, уточнюють розміри контрольованої зони. Після виходу на стабільний робочий режим при максимальних проектних потоках нейтронів вимірюють розподіл полів випромінювання за біологічним захистом і в суміжних з циклотроном приміщеннях.

Ліцензіат забезпечує технічний огляд циклотронів згідно з вимогами, встановленими виробником, але не рідше одного разу на рік. Технічна документація на циклотрон має містити перелік параметрів, які підлягають контролю, допустимі похибки вимірювання параметрів, методики вимірювання, періодичність контролю. Забороняється експлуатація циклотрона, що не пройшов випробування відповідно до технічної документації після ремонту та інших технічних змін, проведених на цих установках.

Ліцензіат встановлює перелік та періодичність проведення тестів з контролю якості та калібрування систем ПЕТ/(ПЕТ/КТ)-сканерів. Зокрема, лазери гентрі ПЕТ/КТ-сканерів, перевіряють щоденно, якщо за результатами ПЕТ/КТ сканування планують лікування методами радіаційної терапії.

Експлуатація. До експлуатації циклотрона та ПЕТ/(ПЕТ/КТ)-сканерів допускається персонал, що має кваліфікаційні документи встановленого державного зразка, пройшов навчання та перевірку знань з питань радіаційної безпеки, стажування та інструктаж на робочому місці.

Ліцензіат забезпечує сертифікацію ПЕТ/(ПЕТ/КТ)-сканерів, а також РФП та методів радіаційної діагностики відповідно до встановленого законодавством порядку. Технічна документація виробника повинна бути перекладена на державну мову.

Ліцензіатом розробляється відповідна організаційно-розпорядча документація (програма дозиметричного контролю, положення про службу радіаційної безпеки, інструкції з експлуатації обладнання, аварійний план, настанова з якості) та призначаються відповідальні за радіаційну безпеку та дозиметричний контроль.

Ліцензіат, що провадить діяльність з циклотронного виробництва ізотопів та діагностики методом ПЕТ-технології, повинен мати додатково ліцензію на медичну практику.

У циклотронному виробництві ізотопів та діагностики методом ПЕТ-технологій мають виконуватися такі заходи безпеки:

на зовнішній поверхні дверей циклотрона, на границях контрольованої зони розміщуються знак радіаційної небезпеки та інші попереджувальні маркування відповідно до чинних стандартів;

пульт керування та входу в бункер циклотрона та пульт керування ПЕТ/(ПЕТ/КТ)-сканера облаштовуються попереджувальними світловими сигналами, що автоматично вмикаються у разі активування роботи;

до роботи допускається персонал, віднесений до категорії А згідно з НРБУ-97 [1], що пройшов інструктаж та має індивідуальні дозиметри;

до контрольованої зони обмежується доступ осіб, не пов'язаних безпосередньо з роботою на циклотроні або ПЕТ/(ПЕТ/КТ)-сканері.

Радіаційно-небезпечні роботи виконуються лише за нарядом-допуском. Ліцензіат інформує працівників про радіаційну обстановку в зоні проведення радіаційно-небезпечних робіт, вимоги безпеки для цієї зони, порядок радіологічного контролю, захисні засоби, інструменти, технологічні лінії обслуговування.

Використання радіаційно чистих інструментів або обладнання в забруднених зонах мінімізують, облаштовуючи місця зберігання забруднених інструментів.

У всіх місцях, де зберігається, обробляється чи використовується в синтезі радіоактивний матеріал, застосовують екранування, у разі потреби — тимчасове екранування, при цьому мають бути оцінені ефекти додаткового навантаження від тимчасового захисту на системи та компоненти.

Персонал, задіяний на радіаційно-небезпечних роботах, перевіряють на предмет радіоактивного забруднення.

Для забезпечення потрібної відстані до радіоактивних матеріалів застосовують засоби дистанційної обробки, всі технологічні операції з підготовки РФП до введення їх в організм пацієнта проводять у витяжних шафах на лотоках і піддонах зі слабосорбуючих матеріалів.

Посудини й флакони з радіоактивними розчинами повинні мати етикетки з чітким найменуванням РФП і його активністю на визначений час. Сумарна активність радіоактивних матеріалів на робочому місці має бути мінімально необхідною для роботи.

Організацію робіт з діагностики методом ПЕТ-технологій з відкритими ДІВ скеровують на скорочення тривалості перебування персоналу в полі іонізуючого випромінювання, збільшення відстаней між працюючими й джерелами та мінімізацію РАВ, що утворюються під час технологічних операцій.

Кваліфікація персоналу. Ліцензіат встановлює вимоги до кваліфікації персоналу, забезпечує його навчання та підвищення кваліфікації, а також перевірку знань з питань радіаційної безпеки.

У процесі навчання персоналу, який зазнає професійного опромінення, мають розглядатися конкретні питання, пов'язані з робочим завданням і потенційною небезпекою працівників.

Для осіб, які за специфікою своєї роботи можуть проводити короткий час в зонах, де можливий радіаційний вплив, має бути надана основна інформація про будь-які небезпечні випадки й профілактичні заходи.

Члени постійно діючої комісії з перевірки знань з питань радіаційної безпеки, відповідальні посадові особи та персонал ліцензіата не рідше одного разу на три роки проходять навчання та перевірку знань в організації, що має погоджену з Державною інспекцією ядерного регулювання України (Держатомрегулювання України) програму навчання з питань радіаційної безпеки.

Ліцензіат забезпечує належну кваліфікацію та підготовку медичного персоналу, достатню для виконання медичних процедур, що підтверджується документом встановленого державного зразка про категорію лікаря, а також запроваджує заходи щодо проходження персоналом стажування у виробника циклотрона та в провідних медичних закладах, зокрема за кордоном.

Ліцензіат забезпечує отримання допуску до виконання особливих робіт відповідно до Порядку проведення спеціальної перевірки для надання фізичним особам допуску до виконання особливих робіт на ядерних установках з ядерними матеріалами, радіоактивними відходами, іншими джерелами іонізуючого випромінювання,

затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25.12.97 № 1471 [1].

Радіаційний захист персоналу та пацієнтів. Ліцензіат забезпечує проведення дозиметричного контролю для планування захисних заходів з метою оптимізації доз персоналу [2].

Персонал забезпечується необхідними та достатніми засобами захисту з урахуванням типу, кількості та активності ізотопів, що виробляються, типу обладнання, специфіки виконуваних робіт, охоплюючи ремонт та технічне обслуговування.

Ліцензіат установлює контрольні рівні й узгоджує їх з державними регулюючими органами [3]. Випадки перевищення контрольних рівнів мають розслідуватися персоналом служби радіаційної безпеки ліцензіата з оформленням результатів розслідування, а причини цих випадків — усуватися.

Ліцензіат визначає межі контрольованої зони та зони спостереження. До контрольованої зони з циклотронного виробництва ізотопів належать приміщення циклотрона та «гарячої» лабораторії, до контрольованої зони з діагностики методом ПЕТ-технологій — приміщення, де отримують, калібрують, фасують РФП та вводять їх пацієнтам, кімнати витримки та приміщення процедурної ПЕТ/(ПЕТ/КТ)-сканера.

Ліцензіат забезпечує радіаційний захист пацієнта шляхом досягнення максимальної користі від радіологічних процедур і мінімізації радіаційного збитку, за безумовної переваги користі над шкодою. Потреба в діагностиці методом ПЕТ-технологій обґрунтовується лікарем на підставі медичних показань.

Відповідальними за радіаційний захист пацієнтів під час проведення медичного опромінення є особи, які займаються медичною практикою, пов'язаною з опроміненням людини. Пацієнти забезпечуються необхідними та достатніми засобами захисту з урахуванням типу обладнання та виконуваних процедур.

РФП, методика процедури та найменша можлива активність РФП вибираються лікарем індивідуально для кожного пацієнта, виходячи з клінічних показань і рекомендованих рівнів медичного опромінення. Відповідальним за контроль та перевірку поглиненої пацієнтом дози є лікар. Приписана доза та всі параметри, які враховуються в разі опромінення, фіксуються в індивідуальній картці пацієнта.

Пацієнти мають попередньо отримати інформацію про призначену радіодіагностичну процедуру та про змогу відмовитися від неї, правила поведінки під час і після процедури, можливий негативний вплив іонізуючого випромінювання на здоров'я.

Ліцензіат запроваджує систему ідентифікації пацієнтів та реєстрації доз, розробляє інструкції з поведінки пацієнтів та осіб, що їх супроводжують.

Ліцензіат забезпечує проведення дозиметричного контролю згідно з програмою, яка розробляється на етапі проектування установки, та визначає обсяг, періодичність, місця й засоби контролю. Дозиметричний контроль здійснюється службою радіаційної безпеки з можливим залученням сторонньої організації, що має відповідний дозвіл закладу Державної санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

Персонал має носити індивідуальні дозиметри так, щоб вони відображали радіаційний вплив на все тіло. Відомості щодо доз на шкіру, кришталик ока й кінцівки повинні представлятися окремо, якщо вони контролюються. Дозу зовнішнього опромінення ліцензіат контролює термолюмінесцентними дозиметрами, еквівалентні дози опромінення кистей рук у процедурних медсестер та інших працюючих з радіоактивними матеріалами — перстеневими термолюмінесцентними дозиметрами. Дозиметри прямого зчитування видають працівникам, якщо вони працюють у зоні, де можна отримати значну (10 % річного ліміту) дозу зовнішнього опромінення за один робочий день.

Ліцензіат запроваджує контроль доз внутрішнього опромінення персоналу, який може отримати дозу внутрішнього опромінення більше за 1 мЗв на рік.

У встановленому законодавством порядку ліцензіат здійснює облік отриманих персоналом індивідуальних доз опромінення, зокрема річних доз та доз, отриманих за весь період професійної діяльності.

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

Аварійний план. Аварійний план, що розробляється ліцензіатом, має містити прогноз можливих радіаційних і нерадіаційних аварій, порядок реагування та інформування у разі їх виникнення, порядок ліквідації радіаційної аварії, заходи й засоби радіаційного захисту персоналу та пацієнтів, інформацію про необхідні медичні заходи у разі аварійного опромінення персоналу та пацієнтів.

Ліцензіат вживає усіх можливих організаційно-розпорядчих заходів, щоб унеможливити опромінення як персоналу, так і пацієнтів вище встановлених дозових лімітів для відповідної категорії осіб.

У разі виникнення будь-якої ситуації або обставин, які призвели чи можуть призвести до порушень норм і правил з радіаційної безпеки, ліцензіат протягом доби інформує Держатомрегулювання України та відповідну Державну регіональну інспекцію з ядерної та радіаційної безпеки Держатомрегулювання України (далі — Держінспекцію).

Заходи щодо ліквідації наслідків радіаційних аварій залежать від характеру, поширеності та інших конкретних обставин аварії та встановлюються інструкцією з попередження радіаційних аварій і дій персоналу в аварійних ситуаціях.

Ліцензіат розслідує причини та обставини порушень, що призвели чи можуть призвести до радіаційної аварії у разі виявлення дефектів біологічного захисту, опромінення персоналу та пацієнтів вище встановленого рівня, та подає протягом десяти днів до регіональної Держінспекції письмовий звіт про результати розслідування.

Ліцензіат забезпечує ліквідацію наслідків аварії, виконання коригувальних та попереджувальних заходів. Роботи поновлюються тільки за рішенням регіональної Держінспекції.

Поводження з радіоактивними відходами. Проводячи діяльність з циклотронного виробництва ізотопів, ліцензіат повинен розробити та впровадити програму мінімізації РАВ, якою передбачається запровадження обмеження матеріалів, що надходять до контрольованої зони, заміна матеріалів, де це можливо, на матеріали, придатні до повторного використання після їх дезактивації, застосування резервного набору інструментів у забрудненій зоні тощо.

Основними джерелами відходів є використані мішені, хімічні речовини для їх обробки, а також використані під час ін'єкції РФП ватні тампони, марлеві подушечки,

хірургічні рукавички, одноразові шприци, порожні флакони від РФП. РАВ потрібно зібрати й передати для захоронення на спеціалізовані по поводженню з РАВ підприємства.

У сховищі РАВ всі радіоактивні відходи сортуються за типом радіонукліда та активністю, після чого витримуються за екранованим захистом.

Частина відходів з короткоживучими радіоактивними ізотопами, що розпалися до фонового рівня, може бути утилізована зі сховища як побутові відходи після проведення радіаційного контролю матеріалу.

Введення та виведення з експлуатації. Ліцензіат розробляє та забезпечує реалізацію програми введення в експлуатацію та виведення з експлуатації циклотронного виробництва ізотопів, яку узгоджує з Держатомрегулюванням України.

Виведення установки з експлуатації може бути невідкладним, відстроченим, поетапним. Вибір варіанта виведення установки з експлуатації обґрунтовується ліцензіатом в процесі розробки плану виведення з експлуатації на основі аналізу характеристик установки, історії її експлуатації, оцінки цілісності будівель, конструкцій і систем, наявності й достатності фінансових ресурсів, досвідченого персоналу та надійних технологій тощо.

Ліцензіат забезпечує попереднє планування виведення циклотрона з експлуатації вже на стадії введення його в експлуатацію. План виведення з експлуатації підлягає періодичному перегляду з метою його деталізації з урахуванням сучасних технологічних досягнень, змін у регулюючих вимогах, аварійних подій.

Заключне планування здійснюється ліцензіатом напередодні остаточного зупину установки та передбачає підготовку документів щодо опису установки, порядку демонтажу устаткування, видалення радіаційно забруднених матеріалів, дозиметричного контролю і контролю забруднення, забезпечення якості виконання робіт, порядку радіаційного обстеження й документування.

Висновки

У розроблених вимогах безпеки, з огляду на сучасні медичні технології, значне місце приділене особливостям циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування в діагностиці методом ПЕТ-технологій.

Вимоги максимально наближені до рекомендацій Міжнародного агентства з атомної енергії та Міжнародної комісії з радіологічного захисту. Досвід Держатомрегулювання України з проведення експертиз проектів ДІВ, зокрема проектів установок для діагностики методом ПЕТ-технологій, дав змогу врахувати реальні потреби ліцензіатів.

Наведені положення можуть бути використані у процесі розробки документа, що встановлює вимоги та ліцензійні умови циклотронного виробництва ізотопів та їх застосування у діагностиці методом ПЕТ-технологій, і сприятимуть оптимізації зазначеної діяльності.

Список використаної літератури

1. Порядок проведення спеціальної перевірки для надання фізичним особам допуску до виконання особливих робіт на ядерних установках з ядерними матеріалами, радіоактивними відходами, іншими джерелами іонізуючого випромінювання. — Затвердж. Постановою Кабінету Міністрів України від 25.12.97 № 1471.

2. Державні санітарні правила. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ДСП 6.177–2005–09–02). — Затвердж. наказом М-ва охорони здоров'я України від 02.02.2005 № 54, зареєстр. М-вом юстиції України 20.05.2005 за № 552/10832.

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

Отримано 13.11.2013.