

УДК 331.45:504.064.36

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270225.106.1135

## ЗМІНИ В ПІДХОДАХ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ЗГІДНО РЕКОМЕНДАЦІЙ МІЖНАРОДНОЇ КОМІСІЇ З РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

СУХИЙ К. М.<sup>1</sup>, докт. техн. наук, проф.,  
БЄЛКОВ А. С.<sup>2</sup>, докт. техн. наук, проф.,  
ПИЛИПЕНКО О. В.<sup>3</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
РИБАЛКА К. А.<sup>4\*</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
АНДРЕЄВА А. В.<sup>5</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1</sup> Кафедра технологій палив, полімерних та поліграфічних матеріалів, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Український державний хіміко-технологічний університет», пр. Науки, 8, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373-15-05, e-mail: [k.m.sukhyi@ust.edu.ua](mailto:k.m.sukhyi@ust.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-4585-8268

<sup>2</sup> Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: [belikov@pdaba.edu.ua](mailto:belikov@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>3</sup> Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0009-0007-2987-7905

<sup>4\*</sup> Кафедра охорони праці, цивільної та техногенної безпеки, Український державний університет науки і технологій, ННІ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (050) 905-51-42, e-mail: [ekaterina.rybalka1980@gmail.com](mailto:ekaterina.rybalka1980@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

<sup>5</sup> Кафедра екології та природоохоронних технологій, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, пр. Героїв України, 9, 54007, Миколаїв, Україна, тел. +38 (096) 695-00-59, email: [antonina.andrieieva@nuos.edu.ua](mailto:antonina.andrieieva@nuos.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-0361-5436

**Анотація. Постановка проблеми.** Рекомендації Міжнародної Комісії з Радіаційного Захисту – це науково обґрунтовані дослідження незалежної, міжнародної, неурядової організації науковців, яка надає рекомендації з радіаційного захисту в різних сферах життя та діяльності людини при взаємодії з навколишнім середовищем, з флорою, фауною та людиною. МКРЗ розробляє принципи та підходи до радіаційного захисту, які використовуються урядами та недержавними організаціями по всьому світу для встановлення законодавчих норм, стандартів і процедур безпеки. **Мета статті** – полягає в проведенні всебічного аналізу публікацій Міжнародної комісії з радіаційного захисту з початку її перших звітів і до випуску останніх звітів в період 2020–2024 рр., визначити які з цих рекомендацій та встановлених регламентів були застосовані в національних нормативно-правових документах України, дослідити їх вплив на певні сфери діяльності в системі «Людина – навколишнє середовище – джерела іонізуючого випромінювання». **Задачи статті.** Провести поетапний аналіз виданих Рекомендацій МКРЗ по роках; побудувати блок-схеми підходів радіаційного захисту різних галузей таких як медицина, радіоактивні відходи, моніторинг територій тощо; визначити вплив виданих рекомендацій на формування, редакцію і сталий розвиток національних нормативно-правових документів України. **Висновки.** Розроблені в статті блок-схемах наглядно показують, як змінювались публікації МКРЗ і до яких подальших досліджень підштовхували. Спираючись на нові дослідження, які вийшли за останні 10–15 років, з'явилась життєва та професійна потреба розробити нові Норми радіаційної безпеки, Основні санітарні правила та Державні будівельні норми з питань радіаційної безпеки в будівництві, із введенням таких термінів як: адміністративні та об'єктові рівні доз, модель зовнішнього та внутрішнього опромінення персоналу, протокол дії, стандартна людина, референтний вік, індивідуальні об'єктові ризики, метаболізм радіонуклідів в організмі, фантом людини та ввести інші терміни та визначення в нормативні документи України.

**Ключові слова:** радіаційний захист; іонізуюче випромінювання; Міжнародна комісія з радіаційного захисту; моніторинг

## CHANGES IN APPROACHES TO ENSURING RADIATION SAFETY ACCORDING TO THE RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION PROTECTION

SUKHYI K.M.<sup>1</sup>, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,

BIELIKOV A.S.<sup>2</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,  
PYLYPENKO O.V.<sup>3</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,  
RYBALKA K.A.<sup>4\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,  
ANDRIEIEVA A.V.<sup>5</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*

<sup>1</sup> Department of Fuel, Polymer, and Polygraphic Materials Technologies, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Ukrainian State University of Chemistry and Technology”, 8, Sciences Ave., Dnipro, 49010, Ukraine, tel. +38 (056) 373-15-05, e-mail: [k.m.sukhyi@ust.edu.ua](mailto:k.m.sukhyi@ust.edu.ua), ORCID ID: 0000-0002-4585-8268

<sup>2</sup> Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: [belikov@pdaba.edu.ua](mailto:belikov@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>3</sup> Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-73, e-mail: [pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua](mailto:pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua), ORCID ID: 0009-0007-2987-7905

<sup>4\*</sup> Department of Labor Protection, Civil and Technogenic Safety, Ukrainian State University of Science and Technologies, ESI “Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (050) 905-51-42, e-mail: [ekaterina.rybalka1980@gmail.com](mailto:ekaterina.rybalka1980@gmail.com), ORCID ID: 0000-0001-7049-6871

<sup>5</sup> Department of Ecology and Environmental Technologies, National University of Shipbuilding. Admiral Makarov, 9, Avenue of Heroes of Ukraine, Mykolaiv, 54007, Ukraine, tel. +38 (096) 695-00-59, e-mail: [antoninaandrieieva@gmail.com](mailto:antoninaandrieieva@gmail.com), ORCID ID: 0000-0002-0361-5436

**Abstract. Problem statement.** Recommendations of the International Commission on Radiation Protection are scientifically based studies of an independent, international, non-governmental organization of scientists, which provides recommendations on radiation protection in various spheres of human life and activity when interacting with the environment, with flora, fauna and man. The ICRC develops principles and approaches to radiation protection that are used by governments and non-governmental organizations around the world to establish legislative norms, standards and safety procedures. **The purpose of the article** is to conduct a comprehensive analysis of the publications of the International Commission on Radiation Protection from the beginning of its first reports to the release of the latest reports in the period 2020–2024, to determine which of these recommendations and established regulations were applied in the national normative legal documents of Ukraine and to investigate their impact on certain spheres of activity in the system “Man – environment – sources of ionizing radiation”. **Tasks of the article.** Carry out a step-by-step analysis of the issued ICRP Recommendations by year; to build block diagrams of radiation protection approaches in various fields such as medicine, radioactive waste, territory monitoring, etc.; to determine the impact of the issued recommendations on the formation, editing and sustainable development of national regulatory and legal documents of Ukraine. **Conclusions.** The block diagrams developed in the article clearly show how the ICRC publications changed and what further research was encouraged. Based on new researches that have come out in the last 10–15 years, there was a vital and professional need to develop new Radiation Safety Norms, Basic Sanitary Rules and State Building Regulations on radiation safety in construction, with the introduction of such terms as: administrative and object dose levels, model of external and internal exposure of personnel, protocol of action, standard person, reference age, individual object risks, human phantom and introduce other terms and definitions into regulatory documents of Ukraine.

**Keywords:** *radiation protection; ionizing radiation; International Commission on Radiation Protection; monitoring*

**Постановка проблеми.** Рекомендації Міжнародної комісії з радіаційного захисту (МКРЗ) є ключовими настановами в галузі радіаційного безпеки, радіаційного захисту, захисту від впливу джерел іонізуючого випромінювання, медичної радіології, радіаційного захисту персоналу атомних станцій та населення, проведення досліджень на радіаційно-небезпечних територіях тощо [1]. Міжнародні організації та національні органи влади, відповідальні за радіаційну захист, а також особи та організації, які використовують іонізуюче випромінювання, прийняли рекомендації та

принципи Комісії, як ключові засади своїх захисних заходів. Так діючі Норми радіаційної безпеки України [2], ґрунтуються на рекомендаціях Комісії, в період з 1959 по 1991 рік та синхронізовані з міжнародною методологічною базою.

**Актуальність.** Враховуючи поступові зміни рекомендацій МКРЗ в часі та спираючись на новітні досягнення технічного та технологічного сталого розвитку, з’явилась необхідність врахування нових наукових досягнень у сфері радіаційного захисту людини від впливу джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ).

Наука про вплив іонізуючого випромінювання (ІВ) та захист від нього постійно розвивається, тому важливо аналізувати, як ці зміни впливають на державну політику і практику захисту населення та працівників з точки зору радіаційних ризиків. Зміни в рекомендаціях МКРЗ мають безпосередній вплив на міжнародне і національне законодавство, а також на загальні стандарти радіаційної безпеки.

**Аналіз публікацій.** Перша з цілої серії таких публікацій, Публікація 1, містила рекомендації, затверджені в 1958 році (ICRP, 1959). Через два десятиліття років вийшли у світ рекомендації у вигляді Публікації 26 (ICRP, 1977). У Публікації 26 Комісія дала кількісні оцінки ризиків стохастичних радіаційних ефектів та запропонувала систему обмеження доз опромінення, що базується на трьох принципах обґрунтування та оптимізації захисту, а також дотримання меж дози.

Через два роки вийшла в світ Публікація МКРЗ 30 (ICRP, 1980): Обмеження щодо для надходження радіонуклідів працівникам, а після ще три частини Limits for Intakes of Radionuclides by Workers (1980–1982 pp). Ці частини являють звіти в яких детально розглядаються такі питання:

➤ **Біокінетичні моделі** для оцінки внутрішньої дози при потрапленні радіонуклідів до організму. Ці моделі враховують розподіл, затримку та виведення радіонуклідів в різних органах і тканинах.

➤ **Дозові коефіцієнти** для різних радіонуклідів, які застосовуються для визначення кількості опромінення у разі потраплення радіоактивних речовин до організму через дихальні шляхи, шкіру чи травний тракт.

➤ **Підходи до індивідуального моніторингу та захисту** для робітників, які працюють з джерелами радіації.

➤ **Обґрунтування лімітів доз** для робітників у сфері ядерної енергетики, медицини та інших галузях.

Публікація МКРЗ № 60 (ICRP, 1991), є однією з базових праць у сфері радіаційної безпеки, яка оновила підходи до

радіаційного захисту, запропонувала нові принципи захисту та нормативи, замінивши застарілі положення публікації № 26. Основні аспекти цієї публікації охоплюють наступні ключові моменти:

МКРЗ № 60 затвердила три основоположні принципи радіаційного захисту, які стали фундаментом для національних і міжнародних нормативних актів:

✓ **Оправданість (Justification):** кожен вид діяльності, що призводить до опромінення, повинен приносити більше користі, ніж шкоди. Усі рішення щодо впровадження джерел випромінювання мають ґрунтуватися на оцінці користі для суспільства.

✓ **Оптимізація (Optimization):** дози опромінення мають бути настільки низькими, наскільки це можливо, з урахуванням економічних та соціальних чинників. Цей принцип відомий як принцип ALARA (As Low As Reasonably Achievable – настільки низько, наскільки це можливо досягти).

✓ **Лімітування доз (Dose Limitation):** встановлені чіткі межі (ліміти) для доз опромінення працівників і населення, щоб уникнути неприпустимих ризиків для здоров'я.

Публікація МКРЗ № 60 встановила такі терміни та принципи:

➤ **Ефективна та еквівалентна доза.** МКРЗ № 60 ввела розділення на **еквівалентну дозу** (яка враховує вид радіації) і **ефективну дозу** (яка враховує радіочутливість окремих органів і тканин). Ефективна доза дозволяє краще оцінити сукупний ризик для організму, незалежно від того, які частини тіла піддаються опроміненню, що зробило оцінку дози більш точною та науково обґрунтованою.

➤ **Перегляд дозових лімітів.** Публікація № 60 знизила дозові ліміти для професійного та громадського опромінення, визнаючи нові наукові дані про радіаційні ризики. Так для працівників (Категорія А) встановлений ліміт 20 мЗв/рік, з максимумом у 50 мЗв у будь-який рік, що стало значно нижчим за попередні норми.

➤ *Визначення категорій опромінення.* Публікація розділила опромінення на три категорії:

- *Професійне опромінення:* для людей, які піддаються радіації у зв'язку з роботою (наприклад, у ядерній енергетиці чи медицині).

- *Медичне опромінення:* пов'язане з діагностикою та лікуванням пацієнтів, для якого не встановлюється ліміт дози, але рекомендується ретельне обґрунтування та оптимізація.

- *Опосередковане (вторинне) опромінення населення:* це вплив на людей, які не мають прямого контакту з джерелами радіації.

➤ *Зміни у підходах до управління аварійними ситуаціями.* МКРЗ № 60 підняла важливість готовності до радіаційних аварій та розробки спеціальних стратегій для захисту населення в таких ситуаціях. Запропоновані підходи зосереджені на зниженні впливу та мінімізації доз у випадках непередбачених аварій.

**Метою статті** Провести аналіз публікацій МКРЗ та виявити актуальні задачі та ефективні заходи забезпечення радіаційної безпеки населення та працівників, які працюють на радіаційно-небезпечних об'єктах з подальшими пропозиціями оновлення сучасного законодавства України. Провести аналіз виданих Рекомендацій МКРЗ, як загальних, так і стосовно особливостей поводження з радіоактивними матеріалами, зі подальшим зниженням негативного впливу джерел іонізуючих випромінювань на стан радіаційної небезпеки в Україні.

В попередніх статтях [3–7] авторами були послідовно проаналізовані та розкриті наступні теми: формування нормативно-правової бази у сфері охорони та фізичного захисту особовим складом ВВО ДП «38 ВІТЧ»; особливості проведення моніторингових та дослідних робіт на режимній території колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ»; особливості організації радіаційного контролю на об'єктах ядерно-паливного комплексу; технічні засоби ведення радіаційного

контролю на РНО; застосування комплексу проти радіаційних та проти радонових заходів; ідентифікацію загроз та небезпек в умовах діючих промислових майданчиків з мінімізацією ризиків від впливу іонізуючих джерел опромінення на персонал.

**Виклад матеріалу.** Розглянемо основні загальні Рекомендації МКРЗ які виходили та які з них вже замінені, але були початком норм в радіаційній безпеці. Першою загальною Публікацією МКРЗ була Рекомендації Міжнародної комісії з радіологічного захисту, яка вийшла у вересні 1958 року.

Наступною що оновила її була Публікація № 6 (ICRP, 1962). 1964 року, вона додала рекомендації щодо управління і утилізації радіоактивних матеріалів у медичних закладах та дослідницьких установах. Всього через 2 роки у 1966 вийшла Публікація № 9 (ICRP, 1966), що оновила Публікацію № 6. Надавала нові рекомендації щодо обмеження доз опромінення для працівників і загального населення, враховуючи нові наукові дані і технологічні досягнення на той час. Блок-схема зміни ранніх Публікацій МКРЗ представлено на рисунку 1.



Рис. 1. Блок-схема зміни ранніх Публікацій МКРЗ

В 1977 році вийшла вагома Публікація № 26 (ICRP, 1977), що об'єднує основні

принципи та практичні рекомендації з управління радіаційними ризиками, включаючи концепцію радіаційного захисту, принципи оптимізації доз, стандарти допустимих доз і методи моніторингу та контролю. Публікація представляє нові підходи до радіаційного захисту, які враховують сучасні досягнення в науці і технології.

Наступним ключовим документом є Публікація № 60 1991 року. Вона містить основні знання і досягнення станом на 1990 рік. Представляє оновлені принципи і практичні рекомендації щодо радіаційного захисту, включаючи концепції оптимізації, дозових обмежень і принципу «отримання доз як можна нижчими, ніж досяжно». Вона

описує підходи до оцінки і управління ризиками, пов'язаними з іонізуючим випромінюванням, та надає рекомендації для захисту працівників, населення та навколишнього середовища.

Найбільш актуальним та загальним документом зараз є Публікація № 103, яка формально замінює попередні Рекомендації МКРЗ № 60 (ICRP, 1991), а також оновлює, консолідує і розвиває додаткові керівництва з контролю за опроміненням від джерел іонізуючого випромінювання, видані в 1991 році. Розглянемо загальну блок-схему змін загальних рекомендацій МКРЗ на рисунку 2 – Блок-схема змін загальних Рекомендацій МКРЗ.

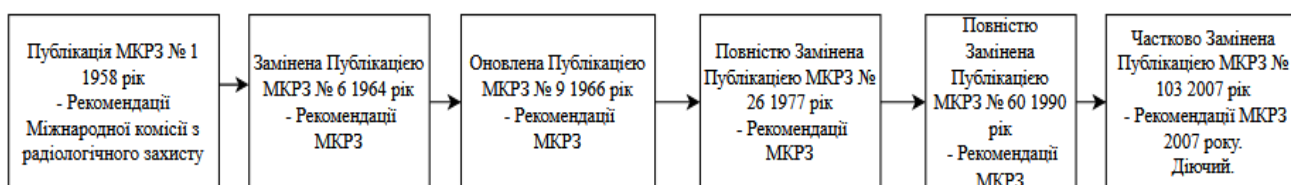


Рис. 2. Блок-схема змін загальних Рекомендацій МКРЗ

Однак всі ці Публікації є загальними та не охоплюють цілком питання радіаційного захисту та захоронення радіаційно-забруднених територій.

Першою Публікацією що розглядала саме радіаційний захист окремо, була Публікація № 15 1970 року, вона надає рекомендації з радіаційного захисту від зовнішніх джерел іонізуючого випромінювання. Охоплює принципи і методи захисту від різних видів зовнішнього опромінення, таких як рентгенівське, гамма-і бета-випромінювання.

На доповнення її вийшла Публікація № 21 (ICRP, 1971), яка надавала додаткові дані для захисту від іонізуючого випромінювання зовнішніх джерел. Також вона містила оновлені та доповнені дані щодо оцінки доз опромінення.

Частково оновила її Публікація № 26, яку ми вже розглядали вище та вона була загальною, а більш зосереджена саме на захисту від радіаційного опромінення була Публікація № 33 (ICRP, 1982), яка хоча і брала більше до уваги радіаційний захист саме в медицині, однак була підготовлена в

світлі рекомендацій та замінює публікації МКРЗ 15 і 21. Надавала рекомендації щодо захисту від іонізуючого випромінювання від зовнішніх джерел, які використовуються в медицині. Публікація охоплювала аспекти безпеки для медичних працівників і пацієнтів надаючи рекомендації щодо контролю рівнів радіації, проектування медичних установ.

Наступним документом можливо вважати Публікацію № 43 1985, яка надавала основні принципи моніторингу для забезпечення радіаційного захисту населення. Публікація охоплює аспекти вимірювання і контролю радіаційного середовища, а також стратегії моніторингу для оцінки впливу радіації на населення. Однак вона не зовсім про радіаційний захист, тому буде окремо.

Далі була вагома Публікація № 65 (ICRP, 1963), яка була присвячена захисту від радіації, пов'язаної з радоном-222, як в домашніх умовах, так і на робочих місцях. Публікація розглядає джерела радону-222, вплив на здоров'я, методи моніторингу і

контролю, а також стратегії для зменшення рівнів радону-222.

Публікація № 82 (ICRP, 1999), надає настанови щодо застосування системи радіологічного захисту МКРЗ до ситуацій тривалого опромінення населення. У ньому розглядається загальне застосування систем радіаційного захисту для контролю тривалого опромінення в результаті практичної діяльності та проведення заходів у ситуаціях тривалого опромінення.

Оновила та замінила минулу Публікацію даними за 8 років, Публікація № 103 (ICRP, 2007), яка була присвячена загальним питанням та Публікація № 104, яка надала огляд різних заходів контролю, що використовуються для забезпечення радіаційного захисту. Публікація розглядає широкий спектр методів і практик для контролю і зменшення радіаційних ризиків у різних сферах діяльності, включаючи медичну радіологію, ядерну промисловість та інші галузі, де є радіаційні джерела.

Одна з наступних Публікацій № 108 (ICRP, 2008), була присвячена питанню захисту навколишнього середовища, але залишили її лише на рівні концепції.

На заміну та оновлення даних була випущена Публікація № 126 (ICRP, 2014), року, що надала оновлене керівництво з радіологічного захисту від опромінення радоном. Звіт був розроблений з урахуванням останніх рекомендацій МКРЗ щодо системи радіологічного захисту, всіх наявних наукових знань про ризики, пов'язані з радоном, а також досвіду, накопиченого багатьма організаціями та країнами у сфері контролю за опроміненням від радону.

Одна з останніх на теперішній час Публікація № 147 (ICRP, 2020), яка більш теоретична та зосереджується на застосуванні дозових величин у радіологічному захисті. Публікація надає детальний огляд різних дозових величин, що використовуються для оцінки і управління радіаційними ризиками, таких як ефективна доза, доза органу та доза тканини. Вона також розглядає їх використання в контексті різних сценаріїв опромінення, включаючи

медичні процедури, промислові процеси і екологічні ситуації.

Наступною темою буде методологія розрахунків, першою Публікацією яка вийшла в 1966 році була № 8, в котрій були методологічні рекомендації та основи для оцінки ризиків, які виникають внаслідок опромінення іонізуючим випромінюванням.

Далі нові методології розрахунків були представлені у 1977 році в Публікації № 26, яку ми вже розглядали вище. Окрім загальних рекомендацій вона мала в собі принципи оптимізації доз, стандарти допустимих доз і методи моніторингу та контролю.

Повністю замінила її загальна Публікація № 60 1991 року, в котрій все одно були концепції оптимізації, дозових обмежень та підходи до оцінки і управління ризиками, пов'язаними з іонізуючим випромінюванням. Через 16 років, у 2007 р., вийшла Публікація № 103, що повністю замінила шляхом оновлення минулу Публікацію № 60, вона містила додаткові керівництва з контролю за опроміненням від джерел іонізуючого випромінювання, що включає до себе і методологію розрахунків.

Найбільш очікуваною з останніх звітів була Публікація № 152. Публікація МКРЗ № 152 (ICRP, 2020), є однією з технічних рекомендацій, зосереджених на практичних аспектах моніторингу та оцінки радіаційної безпеки. Вона включає детальні методології для вимірювання та оцінки радіаційних доз, особливо у випадках впливу на робітників, які працюють з радіоактивними матеріалами. Основні аспекти цієї публікації такі:

1. Моніторинг доз опромінення робітників. Публікація № 152 надає детальні рекомендації щодо методів індивідуального моніторингу працівників, які піддаються професійному радіаційному опроміненню. Документ описує: методи визначення поглинутої дози за допомогою персональних дозиметрів та підходи до регулярного моніторингу доз внутрішнього та зовнішнього опромінення для працівників, що контактують з джерелами іонізуючого випромінювання.

2. Оцінка внутрішнього опромінення. Публікація висвітлює методи оцінки доз від внутрішнього опромінення (коли радіоактивні матеріали потрапляють в організм через вдихання, проковтування або через шкіру). Вона пропонує: використання біокінетичних моделей для розрахунку доз, що дозволяє врахувати метаболізм радіонуклідів в організмі. Практичні рекомендації з відбору зразків біоматеріалів (наприклад, сечі чи крові) для оцінки вмісту радіонуклідів.

3. Оцінка зовнішнього опромінення. МКРЗ № 152 також містить інструкції щодо вимірювання доз зовнішнього опромінення, з використанням портативних і персональних дозиметрів для фіксації доз, отриманих від зовнішніх джерел випромінювання. Особливий увазі відведено до змісту моніторингу тих частин тіла, які можуть бути найбільше піддані впливу, таких як руки, кисті та голова.

4. Рекомендації щодо радіаційного захисту. Документ містить настанови для управління ризиками радіаційного

опромінення у професійному середовищі, з встановленням допустимих рівнів доз для персоналу з застосуванням метода оптимізації захисних заходів відповідно до принципу ALARA.

5. Розрахунок ефективної дози та управління дозами. Публікація дає рекомендації щодо розрахунку ефективної дози (враховуючи специфіку органів та тканин) та методів управління дозами, які отримує персонал. Вона надає математичні моделі та коефіцієнти, які дозволяють проводити більш точну оцінку опромінення.

Публікація МКРЗ № 152 стала важливим інструментом для контролю радіаційного захисту на практиці, надавши чіткі методології для регулярного моніторингу та оцінки доз опромінення у професійному середовищі. Вона є корисним ресурсом для фахівців у галузі радіаційної безпеки та допомагає забезпечити дотримання вимог щодо захисту здоров'я персоналу. Зміни в методологічних підходах представлені на рисунку 3.

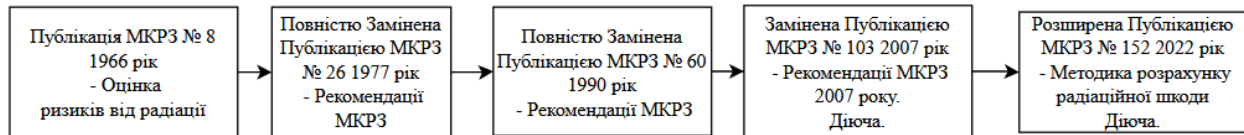


Рис. 3. Блок схема Публікацій МКРЗ – Методологія розрахунків

З наявною базою методів розрахунків почав розвиватися радіаційний захист в медицині. Більш докладно зупинитися на ньому не будемо.

Для розуміння детермінованих, стохастичних та генетичних ефектів

необхідно було визначити часові тенденції щодо розвитку підходів радіаційного захисту в медицині які змінювались в залежності від технічних засобів ведення діагностики та профілактичних процедур представлених на рисунку 4.

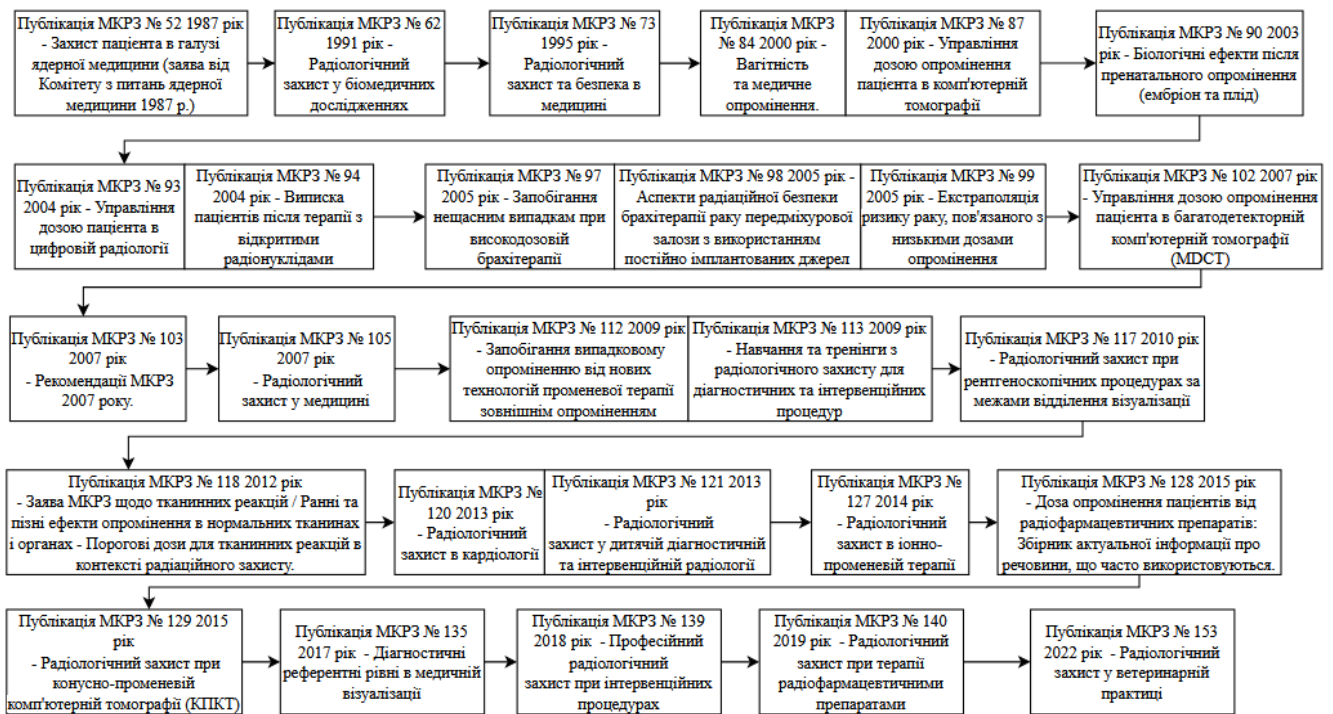


Рис. 4. Блок-схема Публікацій МКРЗ – радіаційна безпека в медицині

**Виходячи з попередніх досліджень побудуємо схему– радіаційна безпека при утилізації радіоактивних відходів, що були висвітлені в різних Публікаціях МКРЗ (рис. 5).**

Ця блок-схема показує, як з накопиченням знань про тверді та рідкі радіоактивні відходи змінювались підходи щодо утилізації РАВ в геологічних захороненнях та на спеціалізованих відкритих майданчиків довго існуючих твердих радіоактивних відходів. У звіті пояснюється, як система радіологічного захисту, описана в Публікації 103, може бути застосована в контексті геологічного захоронення довго існуючих твердих РВ.

Для побудови семи ведення моніторингу на РНО та об'єктах ЯПЦ, з урахуванням попередніх досліджень було розроблено та представлено схему ведення радіаційного моніторингу (рис. 6).

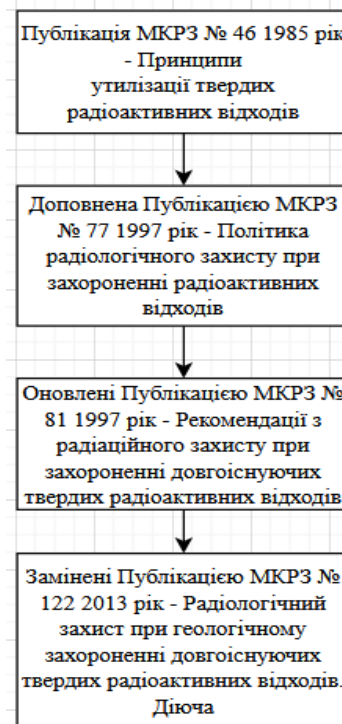


Рис. 5. Блок-схема Публікацій МКРЗ – радіаційна безпека при утилізації радіоактивних відходів



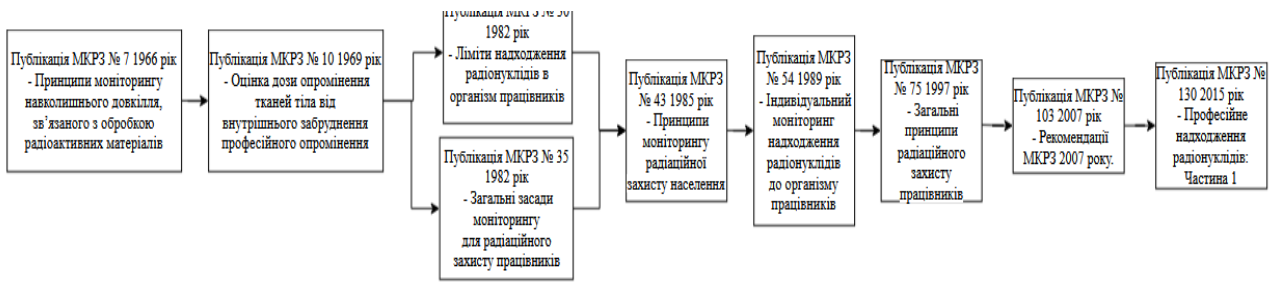


Рис. 6. Блок-схема Публікацій МКРЗ – дози опромінення при проведенні моніторингу на радіаційно-забруднених територіях

Спираючись на опубліковані Публікації МКРЗ та розроблені авторами блок-схеми, можна збудувати загальну структурну схему

присвячену питанням радіаційного захисту персоналу РНО та населення України (рис. 7).

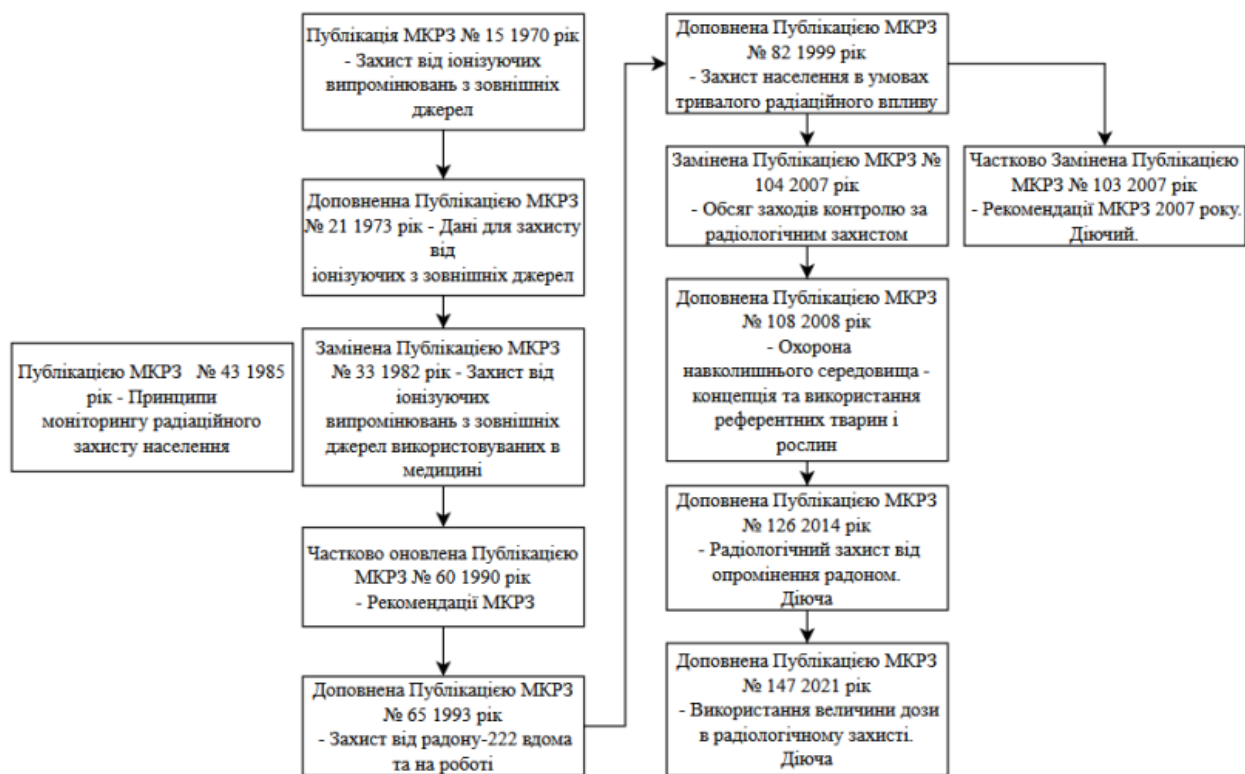


Рис. 7. Блок-схема Публікацій МКРЗ – питання радіаційного захисту від іонізуючого випромінювання

Розроблені та запропоновані в даній статті схеми (див. рис. 5–7) дозволяють проаналізувати шлях наукових та практичних досліджень за майже 100 років існування комісії. Також проведений аналіз дозволяє простежити динаміку Публікацій МКРЗ в часі, виявити основні світові тенденції в медицині, аварія на об'єктах ЯПЦ, застосуванням методів, приладів та методологічних підходів в сфері радіаційної безпеки людини та впливу на навколишнє середовище Землі.

## Висновок

1. На основі проведеного аналізу науково-практичних публікацій МКРЗ з питань радіаційної безпеки були проаналізовані та запропоновані рішення певних спірних питань в розрізі дослідження впливу джерел іонізуючого випромінювання на діяльність системи «Людина – навколишнє середовище – джерела іонізуючого випромінювання», виникла ціла низка дискусійних питань в сфері дослідження вплив джерел

іонізуючого випромінювання на умови праці робітників радіаційно-небезпечних об'єктів.

2. Аналіз виданих рекомендацій Міжнародної комісії з радіаційного захисту, в період з 1962 року до 2024 року показав, що найбільший вплив на формування теоретичної, методологічної та загально концептуальної бази дали саме публікації МКРЗ № 60, 103, 118, 126, 130, 134, 141 та 152. Рекомендації МКРЗ № 30, 35, 46, 60 заклали основу для радіаційної безпеки працівників, надавши зрозумілі інструменти для регулювання радіаційного впливу на національному та міжнародному рівнях. Публікації МКРЗ вплинули на безліч нормативних документів, що застосовуються у сферах ядерної енергетики, медицини, видобутку корисних копалин, в аграрній сфері, в промисловості, а також сприяв подальшому розвитку науки про радіаційний захист людини та навколишнього середовища.

3. Проведений нами аналіз, згідно до розроблених авторами в статті блоксхем, наглядно показують, як змінювались та розвивались публікації МКРЗ. Аналіз базових аспектів, підходів, методик, висновків, викладених в публікаціях МКРЗ, дозволили виявити небезпеки, що

впливають на робітників колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ» та визначити подальші напрямки наукових та практичних досліджень колективу кафедри охорони праці, цивільної та техногенної безпеки Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ ННІ «ПДАБА»).

4. Спираючись на нові дослідження, які вийшли за останні 10–15 років, з'явилась життєва та професійна необхідність розробити нові «Норми радіаційної безпеки», «Основні санітарні правила» та «Державні будівельні норми» з питань радіаційної безпеки в будівництві, із введенням в них таких термінів: адміністративні та об'єктові рівні доз, категорія радонової небезпеки, модель зовнішнього та внутрішнього опромінення персоналу, протокол дії, стандартна людина, референтний вік, індивідуальні об'єктові ризики, метаболізм радіонуклідів в організмі, фантом людини тощо та ввести терміни в інші нормативні документи України. Це дозволить чітко визначити критерії небезпек пов'язаних впливом іонізуючих випромінювань і вдосконалити заходи захисту від них.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт Міжнародної комісії з радіаційного захисту. URL: <http://www.ICRP.org>
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) від 14.07.1997 р. № 208. Київ : МОЗ, 1997.
3. Соколов І. А., Запрудін В. Ф., Беліков А. С., Пилипенко О. В., Савицький М. В., Гупало О. С. Радонова безпека житлових будівель : підруч. для студ. вищих навчальних закладів з грифом МОН (№ 14/18-Г-1583 від 03.07.2008 р.). Дніпропетровськ, 2008 р. 313 с.
4. Капля О. І., Беліков А. С., Пилипенко О. В. Аналіз нормативно-правової бази у сфері охорони та фізичного захисту особовим складом ВВО ДП «38 ВІТЧ» режимної території колишнього уранового виробництва ВО «ПХЗ». *Вісник ПДАБА*. 2010. № 8. 41–44 с.
5. Беликов А. С., Пилипенко А. В., Степанова А. В., Вишне夫斯基 А. С. Оценка радиационной опасности согласно рекомендациям международной комиссии по радиационной защите. *Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов*. Вып. 80. 2015. С. 55–60.
6. Pylypenko O., Karasev O., Rybalka K., Kreknin K. Radiation safety status in the housing estate Peremoha-2 in Dnipro city. *The scientific heritage*. № 78, vol. 1. Budapest, Hungary, 2021. Pp. 29–34. DOI: 10.24412/9215- 0365-2021-78-1-29-34; URL: <https://goo.su/1911Eb>
7. Пилипенко О. В., Саньков П. М., Дзюбан О. В., Папірник Р. Б., Ткач Н. О. Особливості організації радіаційного контролю на об'єктах ядернопаливного комплексу України. *InterConf (124): sc. coll. of the Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference "Scientific horizon in the context of social crises"*. Tokyo, Japan : Otsuki Press, 2022. 207 p. URL: <https://archive.interconf.center/index.php/conferenceproceeding/article/view/1316>

## REFERENCES

1. *Ofitsiynyy sayt Mizhnarodnoyi komisiyi z radiatsiynoho zakhystu* [International Commission on Radiological Protection]. URL: <http://www.ICRP.org> (in Ukrainian).

2. *Normy radiatsiyanoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97) vid 14.07.1997 r.* [Radiation safety standards of Ukraine (NRBU-97) on 14.07.1997]. No. 208, Kyiv : MOZ publ., 1997. (in Ukrainian).

3. Sokolov I.A., Zaprudin V.F., Belikov A.S., Pylypenko O.V., Savitsky M.V. and Gupalo O.S. *Radonova bezpeka zhytlovykh budivel' : pidruchnyk dlya studentiv vyshcheykh navchal'nykh zakladiv z hryfom MON* [Radon safety of living standards : a handbook for students of higher initial knowledge with the stamp of the Ministry of Education and Science]. No. 14/18-Г-1583 on 03.07.2008, Dnipropetrovsk, 2008, 313 p. (in Ukrainian).

4. Kaplya O.I., Belikov A.S. and Pylypenko O.V. *Analiz normatyvno-pravovoyi bazy u sferi okhorony ta fizychnoho zakhystu osobovym skladom VVO DP "38 VITCH" rezhyimnoi terytoriyi kolyshn'oho uranovoho vyrobnytstva VO "PKHZ"* [Analysis of the regulatory framework in the field of protection and physical protection by the personnel of VVO DP "38 VITCH" of the regime territory of the former uranium production of the PO "PHZ"]. *Visnyk PDABA* [Bulletin of the PSACEA]. 2010, no. 8, 41–44 p. (in Ukrainian).

5. Bielikov A.S., Pylypenko A.V., Stepanova A.V. and Vyshnevsky A.S. *Otsenka radiatsionnoy opasnosti soglasno rekomendatsiyam mezhdunarodnoy komissii po radiatsionnoy zashchite* [Assessment of radiation hazard according to the recommendations of the International Commission on Radiological Protection]. *Stroitel'stvo, materialovedeniye, mashinostroyeniye: sb. nauchn. trudov* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Vol. 80, 2015, pp. 55–60. (in Ukrainian).

6. Pylypenko O., Karasev O., Rybalka K. and Kreknin K. Radiation safety status in the housing estate Peremoha-2 in Dnipro city : the scientific heritage. Budapest, Hungary, 2021, no. 78, vol. 1, pp. 29–34. DOI: 10.24412/9215- 0365-2021-78-1-29-34; URL: <https://goo.su/1911Eb>

7. Pylypenko O.V., Sankov P.M., Dzyuban O.V., Papirnyk R.B. and Tkach N.O. *Osoblyvosti orhanizatsiyi radiatsionoho kontrolyu na ob'yektakh yadernopalivnoho kompleksu Ukrainy* [Peculiarities of the organization of radiation control at the facilities of the nuclear fuel complex of Ukraine]. InterConf : scientific collection of the Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference "Scientific horizon in the context of social crises". Tokyo, Japan: Otsuki Press, 2022, 207 p. URL: <https://archive.interconf.center/index.php/conferenceproceeding/article/view/1316> (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 15.12.2024.