

УДК 331:53.082.79:622.8:331.4

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.270425.18.1139

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *докт. техн. наук, проф.*,
ПИЛИПЕНКО О. В.², *канд. техн. наук, доц.*,
РУДЕНКО В. П.^{3*}, *асп.*

¹ 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, e-mail: belikov@pdaba.edu.ua, тел. +38 (056) 756-34-73, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² 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, e-mail: pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua, тел. +38 (056) 756-34-73, ORCID ID: 0009-0007-2987-7905

^{3*} 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, e-mail: rudenko.vacheslav@365.pdaba.edu.ua, тел. +38 (056) 756-34-73, ORCID ID: 0009-0000-6641-8002

Анотація. Радіаційна безпека є одним із ключових аспектів охорони здоров'я та захисту довкілля в Україні, особливо враховуючи розвинену атомну енергетику та наслідки минулих аварій, таких як Чорнобильська катастрофа. Основними джерелами радіаційного забруднення є як природні, так і антропогенні фактори, включаючи видобуток і переробку урану, експлуатацію атомних електростанцій, використання радіоактивних матеріалів у промисловості та медицині, а також накопичення радіоактивних відходів на таких об'єктах, як Придніпровський хімічний завод (ПХЗ). Стаття висвітлює законодавчі, технологічні та профілактичні заходи, спрямовані на забезпечення радіаційної безпеки, а також аналізує поточний стан радіаційного забруднення та ризики, пов'язані з відходами на ПХЗ, який є одним із найбільших джерел радіоактивного забруднення в регіоні. **Мета статті** – проведення комплексного аналізу поточного стану радіаційної безпеки в Україні, визначення основних джерел радіаційного забруднення та оцінка ефективності заходів зменшення впливу радіації на здоров'я населення та довкілля. Особлива увага приділена законодавчим аспектам, технологічним рішенням, вдосконаленню системи моніторингу та взаємодії з міжнародними організаціями, такими як МАГАТЕ, для забезпечення дотримання найвищих стандартів радіаційної безпеки. **Висновок.** 1. Важливим завданням є вдосконалення системи управління радіаційними ризиками, зокрема посилення державного контролю, модернізація технологій моніторингу та впровадження нових стандартів безпеки. 2. Значну увагу слід приділити об'єктам з радіоактивними відходами, таким як ПХЗ, де необхідні систематичні рекультивацийні заходи для зменшення впливу на довкілля та здоров'я населення. 3. Впровадження сучасних технологій моніторингу, таких як автоматизовані системи контролю рівнів радіації, є важливим для оперативного реагування на підвищені рівні радіації. 4. Необхідно продовжувати міжнародну співпрацю з організаціями, такими як МАГАТЕ, для впровадження передових практик у сфері радіаційної безпеки, що сприятиме підвищенню безпеки на атомних електростанціях та забезпеченню сталого розвитку країни. 5. Результати дослідження підтверджують необхідність комплексного підходу до зниження радіаційних ризиків, що включає як технічні, так і соціальні заходи, спрямовані на покращення умов праці, збереження здоров'я працівників та захист довкілля від негативного впливу радіації.

Ключові слова: *радіаційна безпека; атомна енергетика; радіаційне забруднення; Чорнобильська катастрофа; Придніпровський хімічний завод; управління радіоактивними відходами; охорона здоров'я; нормативне регулювання; міжнародне співробітництво; моніторинг радіаційного фону; рекультивация*

GENERAL ISSUES OF RADIATION SAFETY IN UKRAINE

BIELIKOV A.S.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
PYLYPENKO O.V.², *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
RUDENKO V.P.^{3*}, *Postgrad. Stud.*

¹ Department of Occupational Safety, 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, e-mail: belikov@pdaba.edu.ua, tel. +38 (056) 756-34-73, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of Occupational Safety, 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, e-mail: pylypenko.oleksandr@pdaba.edu.ua, tel. +38 (056) 756-34-73, ORCID ID: 0009-0007-2987-7905

^{3*} Department of Occupational Safety, 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, e-mail: rudenko.vacheslav@365.pdaba.edu.ua, tel. +38 (056) 756-34-73, ORCID ID: 0009-0000-6641-8002

Abstract. Radiation safety is one of the key aspects of health protection and environmental safety in Ukraine, particularly given the developed nuclear energy sector and the consequences of past incidents, such as the Chornobyl disaster. The primary sources of radiation contamination include both natural and anthropogenic factors, such as uranium mining and processing, operation of nuclear power plants, use of radioactive materials in industry and medicine, as well as accumulation of radioactive waste at facilities like the Prydniprovskiy Chemical Plant (PCP). This paper highlights legislative, technological, and preventive measures aimed at ensuring radiation safety, and analyzes the current state of radiation contamination and risks associated with waste at PCP, which is one of the major sources of radioactive contamination in the region. **The purpose of this study** is to conduct a comprehensive analysis of the current state of radiation safety in Ukraine, identify the main sources of radiation contamination, and evaluate the effectiveness of measures to mitigate the impact of radiation on public health and the environment. Special attention is paid to legislative aspects, technological solutions, improvement of monitoring systems, and interaction with international organizations, such as the IAEA, to ensure compliance with the highest radiation safety standards. **Conclusion.** 1. It is important to improve the radiation risk management system, particularly through enhanced state control, modernization of monitoring technologies, and the implementation of new safety standards. 2. Significant attention should be paid to facilities with radioactive waste, such as PCP, where systematic reclamation measures are needed to mitigate the impact on the environment and public health. 3. The implementation of modern monitoring technologies, such as automated radiation level control systems, is essential for rapid response to elevated radiation levels. 4. International cooperation with organizations like the IAEA should be continued to introduce best practices in radiation safety, thereby enhancing the safety of nuclear power plants and ensuring the sustainable development of the country. 5. The research findings confirm the need for a comprehensive approach to reducing radiation risks, which includes both technical and social measures aimed at improving working conditions, preserving worker health, and protecting the environment from the negative effects of radiation.

Keywords: *radiation safety; nuclear energy; radiation contamination; Chornobyl disaster; Prydniprovskiy Chemical Plant; radioactive waste management; health protection; legislative regulation; international cooperation; radiation monitoring; reclamation*

Вступ. Радіаційна безпека є одним із найважливіших аспектів охорони здоров'я населення та захисту довкілля, особливо в країнах, що мають розвинену атомну енергетику та стикаються з наслідками минулих аварій [1]. Атомна енергетика є важливим джерелом електроенергії, проте її експлуатація пов'язана з певними ризиками, які потребують особливої уваги та контролю [2]. Радіаційна безпека передбачає не лише технічні заходи для зменшення радіаційних ризиків, але й ефективну систему законодавчого регулювання [3], обізнаність населення та наявність готових планів реагування на аварійні ситуації.

Актуальність. Україна, як країна, що зазнала катастрофічних наслідків Чорнобильської аварії 1986 року, має досвід управління радіаційними ризиками, що включає як природні джерела радіації, так і антропогенні [4]. Після Чорнобильської катастрофи було створено цілу систему

державного регулювання радіаційної безпеки, яка охоплює як профілактичні заходи, так і засоби контролю та ліквідації наслідків можливих аварій [5]. До основних завдань належать моніторинг радіаційного фону, зменшення впливу радіації на людей, регулювання діяльності атомних станцій, управління радіоактивними відходами, а також створення та вдосконалення законодавчої бази [2; 3; 5]. Крім Чорнобильської аварії, в Україні існують інші потенційні джерела радіаційного забруднення, зокрема уранові родовища, радіоактивні відходи та технологічні матеріали, що використовуються в промисловості та медицині [6]. Ризики, пов'язані з видобутком та переробкою урану, також створюють додаткові виклики для системи радіаційної безпеки [7]. У цих умовах особливого значення набуває взаємодія з міжнародними організаціями, такими як МАГАТЕ (Міжнародне агентство

з атомної енергії), для забезпечення дотримання найвищих стандартів безпеки [1].

Методи дослідження. Методи дослідження включають аналіз радіаційних ризиків, оцінку радіаційного фону та впливу радіаційного забруднення на здоров'я населення та довкілля. Зокрема, застосовано порівняльний аналіз нормативних документів з міжнародними стандартами радіаційної безпеки [8], Використані системи автоматизованого моніторингу, а також проведено дослідження даних щодо радіаційного забруднення на хвостосховищах колишнього підприємства уранового циклу Придніпровський хімічний завод у м. Кам'янське та в інших промислових об'єктах.

Задачі дослідження. Визначення поточного стану радіаційної небезпеки в Україні, визначення основних джерел радіаційного забруднення природного та антропогенного походження, аналіз заходів забезпечення радіаційної безпеки, таких як нормативне регулювання та сучасні технології моніторингу. Вивчення впливу радіаційного забруднення на здоров'я населення, оцінка ефективності заходів модернізації систем безпеки на атомних електростанціях і в управлінні радіоактивними відходами, а також розробка рекомендацій щодо підвищення рівня радіаційної безпеки та мінімізації радіаційних ризиків.

Основна дослідна частина. Радіаційна безпека є важливою складовою державної політики в Україні [1]. Розглянуто поточний стан радіаційної небезпеки в Україні, джерела радіаційного забруднення, а також заходи щодо забезпечення радіаційної безпеки, включаючи нормативні документи, сучасні технології моніторингу та досвід

інших країн у сфері зменшення радіаційних ризиків.

Природні джерела. Природний радіаційний фон формується в основному через космічне випромінювання та радіоактивні елементи, що містяться в земній корі, повітрі та воді [9]. Космічне випромінювання надходить від Сонця та інших джерел у Всесвіті, і його вплив залежить від висоти місцевості над рівнем моря. Радіоактивні елементи, такі як уран (U-238), торій (Th-232) та калій (K-40), природно знаходяться в ґрунті і навіть у будівельних матеріалах, що використовуються в Україні. Наприклад, граніт, базальт, пісок та інші матеріали можуть містити радіоактивні елементи, що спричиняють підвищений рівень радіації у будинках [6].

Граніт має рівень радіації від 0,1 до 0,3 мкЗв/рік через наявність у ньому урану, торію та калію-40. Він широко використовується в оздобленні інтер'єрів та екстер'єрів. Базальт, що застосовується в дорожньому будівництві та виготовленні кам'яних виробів, містить торій і уран з рівнем радіації від 0,05 до 0,15 мкЗв/рік. Пісок і гравій також часто використовуються у будівництві та мають менші рівні радіації (від 0,01 до 0,05 мкЗв/рік), завдяки присутності радію-226 та торію [6].

Також природний радіаційний фон формується завдяки радону-222, газу, що утворюється при розпаді урану [9]. Радон може накопичуватися у приміщеннях, особливо у підвалах і погано вентильованих будівлях, що підвищує ризик раку легенів серед населення. У деяких регіонах рівень радону може досягати 10–20 мЗв/рік, що значно перевищує безпечні рівні [4].

Таблиця 1

Рівень радіації природних будівельних матеріалів

Матеріал	Основні радіоактивні елементи	Рівень радіації (мкЗв/рік)
Граніт	Уран, Торій, Калій-40	0.1–0.3
Базальт	Торій, Уран	0.05–0.15
Пісок	Радій-226, Торій	0.01–0.05
Гравій	Калій-40, Уран	0.02–0.07
Вапняк	Радон-222	0.01–0.03

Антропогенні джерела. Внаслідок діяльності людини відбувається додаткове радіаційне забруднення, що включає видобуток і переробку урану, експлуатацію атомних електростанцій, а також використання радіоактивних матеріалів у промисловості та медицині [7]. Особливу небезпеку становить Чорнобильська аварія, під час якої у довкілля було викинуто близько 50 млн кюрі радіоактивних речовин, таких як йод-131, цезій-137 та стронцій-90. Зона відчуження навколо Чорнобильської АЕС донині залишається однією з найбільш радіоактивно забруднених територій у світі [4].

Ще одним антропогенним джерелом радіаційного забруднення є видобуток і переробка урану. У процесі видобутку утворюються значні обсяги радіоактивного пилу та відходів, які можуть забруднювати

грунт, воду та повітря. Уранові родовища в Кіровоградській області створюють загрозу для місцевого населення та екології, адже рівень радіаційного фону в околицях таких об'єктів може перевищувати нормативні значення у кілька разів [7].

Техногенні будівельні матеріали містять підвищені рівні радіації через процеси їхнього промислового виготовлення або використання відходів, що мають радіоактивні елементи. Зола від спалювання вугілля є одним із таких прикладів. Вона утворюється при спалюванні вугілля на електростанціях, де природно присутні уран і торій концентруються в золі. Рівень радіації в такій золі може коливатися від 0,2 до 0,5 мкЗв/рік і вона часто використовується як наповнювач у будівельних матеріалах таких як бетон [6].

Таблиця 2

Рівень радіаційної активності техногенних будівельних матеріалів

Матеріал	Основні радіоактивні елементи	Рівень радіації (мкЗв/рік)
Зола від спалювання вугілля	Торій, Уран	0.2–0.5
Металеві відходи	Радіоактивні метали	До 1.0
Шлак	Радій-226, Торій-232	0.2–0.6
Фосфогіпс	Радій-226	0.1–0.3
Кераміка	Торій, Уран	0.05–0.2

Металеві відходи, які виникають у процесах переробки металів, також можуть містити радіоактивні метали, особливо якщо ці матеріали піддавалися впливу джерел радіації. Такий матеріал може мати рівень радіації до 1,0 мкЗв/рік. Його використання у будівництві потребує ретельного контролю, щоб уникнути додаткових ризиків для здоров'я людей [6].

Наслідки радіаційного забруднення. Радіаційне забруднення має значні наслідки для здоров'я людей та довкілля. Наприклад, радіонукліди, які потрапили в атмосферу та ґрунт, продовжують впливати на людей через харчовий ланцюг [9]. Після аварії на Чорнобильській АЕС спостерігалось значне зростання захворюваності на рак щитовидної залози, особливо серед дітей, які проживали у забруднених регіонах [4]. Радіоактивний газ радон, що утворюється при розпаді урану, є ще одним значним

джерелом небезпеки для здоров'я людей, оскільки він може накопичуватися у приміщеннях і підвищувати ризик розвитку раку легенів.

У випадках аварій на ядерних об'єктах, таких як Чорнобильська катастрофа, радіоактивні речовини, що були викинуті в атмосферу, забруднили понад 200 000 км² території Європи. В Україні були евакуйовані понад 116 000 людей з найбільш забруднених територій, і ще близько 220 000 осіб були переселені протягом наступних років [4]. Довгострокові екологічні та медичні наслідки таких аварій включають значне збільшення випадків онкологічних захворювань, ураження імунної системи та інші негативні впливи на здоров'я населення. Після аварії на Чорнобильській АЕС науковці зафіксували підвищення рівня раку щитовидної залози, лейкемії та інших

форм онкологічних захворювань серед населення, яке проживало у зоні радіаційного забруднення [9]. Радіоактивні речовини, такі як цезій-137 та стронцій-90, які мають тривалий період напіврозпаду (понад 30 років), досі залишаються основними джерелами забруднення в зоні відчуження.

Стан радіаційної безпеки в Україні. Після аварії на Чорнобильській АЕС Україна розробила комплексну систему забезпечення радіаційної безпеки. Основними нормативними документами, що регулюють радіаційну безпеку, є Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» [2] та Закон «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» [3]. Ці закони встановлюють допустимі рівні опромінення для населення, а також регулюють діяльність підприємств, що використовують ядерні матеріали [5].

Державна інспекція ядерного регулювання України та Державне агентство з управління зоною відчуження здійснюють постійний моніторинг рівнів радіації та контроль за виконанням норм безпеки. Зокрема, з метою зменшення впливу радіоактивних відходів в Україні було побудовано Централізоване сховище відпрацьованого ядерного палива, що дозволяє безпечно зберігати радіоактивні матеріали без необхідності їх експорту. Крім того, впроваджуються державні програми, спрямовані на моніторинг і контроль за радіаційним фоном у зонах радіаційного забруднення, таких як Чорнобильська зона відчуження [4]. Застосовуються новітні методи радіаційного моніторингу та використовуються автоматизовані системи контролю, що дозволяють оперативно реагувати на підвищення рівнів радіації.

Стан радіаційної безпеки на атомних електростанціях. Україна має чотири діючі атомні електростанції (АЕС): Запорізьку, Рівненську, Хмельницьку та Південноукраїнську, що забезпечують значну частину електроенергії країни. Після аварії на Чорнобильській АЕС було розроблено програму модернізації

українських ядерних енергоблоків, що включає впровадження сучасних систем радіаційного моніторингу, оновлення охолоджувальних систем реакторів та підвищення рівня безпеки їх експлуатації [1].

Після аварії на АЕС «Фукусіма-1» в Японії у 2011 році Україна також переглянула свої підходи до забезпечення безпеки на атомних станціях, що включало додаткові заходи з модернізації, інвестиції у системи моніторингу радіації та підвищення безпеки на існуючих і нових ядерних об'єктах. Були впроваджені нові вимоги до оцінки ризиків та планів евакуації на випадок аварій, що включає врахування сценаріїв екстремальних природних явищ, таких як землетруси чи повені [7]. Також на АЕС впроваджуються додаткові заходи для підвищення стійкості до втрати енергопостачання, модернізація систем охолодження реакторів, а також оновлення обладнання, що забезпечує безпеку зберігання відпрацьованого ядерного палива. Українські атомні електростанції постійно проходять перевірки на відповідність міжнародним стандартам безпеки, що дозволяє забезпечувати їх безаварійну експлуатацію [1].

Проблеми управління радіоактивними відходами. Однією з найбільших проблем радіаційної безпеки в Україні є управління радіоактивними відходами, що накопичилися внаслідок експлуатації ядерних об'єктів, медичної та промислової діяльності. Значні обсяги відходів зберігаються на територіях уранових родовищ та колишніх підприємств уранового циклу, таких як Придніпровський хімічний завод (ПХЗ) у м. Кам'янське. На ПХЗ зберігається понад 42 мільйони тонн радіоактивних відходів, загальна активність яких становить від 2 000 до 18 000 кюрі. Ці відходи залишилися на території заводу у відкритих і приповерхневих сховищах, що створює серйозну екологічну та радіаційну загрозу. Основні екологічні проблеми включають виділення радіоактивного пилу, виділення радону-222, забруднення

грунтових вод та тривалу радіоактивність відходів [4].

Таблиця 3

Основні екологічні загрози на ПХЗ

Джерело загрози	Тип забруднення	Можливі наслідки
Радіоактивний пил	Забруднення повітря	Рак легенів, ураження дихальних шляхів
Радон-222	Газове забруднення	Рак легенів
Забруднення ґрунтових вод	Радіонукліди у воді	Забруднення водних ресурсів

Виділення радіоактивного пилу з відкритих сховищ може призводити до забруднення довкілля на значні відстані, особливо в умовах вітрової ерозії. Радон-222, що утворюється при розпаді урану, є однією з основних причин раку легенів у людей, які тривалий час піддаються його впливу [9]. Забруднення ґрунтових вод радіоактивними матеріалами також становить значну загрозу для водних ресурсів регіону.

Для контролю за рівнями радіації та забезпечення радіаційної безпеки на ПХЗ було створено систему моніторингу радіаційного фону, яка дозволяє здійснювати постійний контроль рівнів гамма-випромінювання та інших типів іонізуючого випромінювання [4]. Крім того, впроваджуються рекультиваційні заходи, спрямовані на зменшення впливу радіоактивних відходів на довкілля та здоров'я населення.

Висновки

1. Радіаційна небезпека залишається однією з головних екологічних та соціальних проблем в Україні, особливо через наслідки Чорнобильської катастрофи та наявність радіоактивних відходів.

2. Ефективне управління радіаційними ризиками потребує сучасних технологій моніторингу, дотримання міжнародних стандартів безпеки та впровадження заходів для мінімізації впливу радіаційного забруднення. Для зниження рівня радіаційних ризиків необхідно забезпечити сталий контроль над зоною відчуження навколо Чорнобильської АЕС, удосконалити інфраструктуру зберігання та обробки радіоактивних відходів, зокрема на

Придніпровському хімічному заводі, а також здійснювати систематичні рекультиваційні заходи, моніторинг забруднень і захист водних ресурсів.

3. Посилення міжнародного співробітництва в сфері радіаційної безпеки. Україна має продовжувати співпрацю з МАГАТЕ та іншими міжнародними організаціями, впроваджуючи передові практики та технології для зменшення радіаційних ризиків. Така співпраця дозволяє Україні користуватися міжнародним досвідом і підтримкою в модернізації обладнання, вдосконаленні методів моніторингу та підвищенні рівня безпеки на ядерних об'єктах.

4. Комплексний підхід забезпечення радіаційної безпеки, що включає технічні, медичні, освітні та соціальні заходи. Важливо продовжувати інвестувати в наукові дослідження, які дозволяють краще розуміти вплив радіації на здоров'я і розробляти ефективні методи його зменшення, а також створювати ефективні механізми реагування на можливі аварії, що включають як технічне забезпечення, так і підготовку фахівців. Успішна реалізація цих заходів сприятиме зниженню радіаційних ризиків для нинішнього та майбутніх поколінь, а також забезпеченню сталого розвитку країни. Безпечне використання атомної енергії вимагає постійного контролю, модернізації технологій та збереження природного середовища. Лише за умов системного підходу до радіаційної безпеки можна досягти балансу між потребами енергетики та охороною здоров'я людей і довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ). Оцінка впливу радіоактивних викидів на населення та довкілля. *IAEA Safety Report Series*. 2016. 78 с. URL: <https://www.iaea.org/topics/environment> (дата звернення: 24.10.2024 р.).
2. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 16.10.2022 р. *Відомості Верховної Ради України*. 45 с.
3. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» від 14.01.1998 р. *Відомості Верховної Ради України*. 38 с.
4. Радіаційна безпека та управління радіаційними ризиками в Україні: підходи та рішення. *Збірник наукових праць*. Київ : Освіта України, 2020. 210 с.
5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 1997. 121 с.
6. Беліков А. С., Калда Г. С., Пилипенко О. В. Радіаційна безпека будівель і споруд з урахуванням інноваційних напрямів у будівництві : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Дніпродзержинськ : Дніпродзержинський державний технічний університет, 2013. 367 с.
7. Зміни навколишнього середовища в оцінці безпеки після закриття сховищ твердих радіоактивних відходів. Звіт Робочої групи 3 Програми МАГАТЕ з екологічного моделювання для радіаційної безпеки (EMRAS II). *IAEA-TECDOC-1799*. 2016. 182 с. URL: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE1799web.pdf>.
8. Директива Ради 2013/59/ЄВРАТОМ від 5 грудня 2013 року «Про встановлення основних норм безпеки для захисту від загроз, зумовлених впливом іонізуючого випромінювання». Вид. офіц. Київ : Державна інспекція ядерного регулювання України, 2014. 156 с. URL: https://snriu.gov.ua/storage/app/sites/1/docs/pereklady_direktiv/radi-201359evratom.pdf (дата звернення: 24.10.2024 р.).
9. Гродзинський Д. М. Радиобіологія : підруч. Київ : Либідь, 2001. 448 с.

REFERENCES

1. *Mizhnarodne ahent-stvo z atomnoyi enerhiyi (MAHATE). Otsinka vplyvu radioaktyvnykh vykydiv na naselennya ta dovkillya* [International Atomic Energy Agency (IAEA). Assessment of the Impact of Radioactive Releases on Population and Environment]. *IAEA Safety Report Series*, 2016, 78 p. URL: <https://www.iaea.org/topics/environment> (Accessed October 24, 2024). (in Ukrainian).
2. *Zakon Ukrayiny "Pro vykorystannya yadernoyi enerhiyi ta radiatsiyu bezpeku" vid 16.10.2022 r.* [Law of Ukraine "On the Use of Nuclear Energy and Radiation Safety" dated October 16, 2022]. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny* [Official Gazette of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 45 p. (in Ukrainian).
3. *Zakon Ukrayiny "Pro zakhyst lyudyny vid vplyvu ionizuyuchoho vyprominyuvannya" vid 14.01.1998 r.* [Law of Ukraine "On Protection of Humans from Exposure to Ionizing Radiation" dated January 14, 1998]. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny* [Official Gazette of the Verkhovna Rada of Ukraine]. 38 p. (in Ukrainian).
4. *Radiatsiyina bezpeka ta upravlinnya radiatsiynymy ryzykamy v Ukrayini : pidkhody ta rishennya* [Radiation Safety and Management of Radiation Risks in Ukraine : Approaches and Solutions]. *Zbirnyk naukovykh prats'* [Collection of Scientific Works]. 2020, Kyiv : Osvida Ukrainy Publ., 210 p. (in Ukrainian).
5. *Normy radiatsiynoyi bezpeky Ukrayiny (NRBU-97). Vyd. ofits.* [Ministry of Health of Ukraine. Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97). Official edition]. 1997, Kyiv : Ministry of Health of Ukraine Publ., p. 121. (in Ukrainian).
6. Belikov A.S., Kalda H.S. and Pylypenko O.V. *Radiatsiyina bezpeka budivel' i sporud z urakhuvanniam innovatsiynykh napryamiv u budivnytstvi : navch. posib. dlya stud. vyshch. navch. z akl.* [Radiation Safety of Buildings and Structures Considering Innovative Trends in Construction: Textbook for Students of Higher Educational Institutions]. Dniprodzerzhinsk : Dniprodzerzhynsk State Technical University, 2013, 367 p. (in Ukrainian).
7. *Zminy navkolyshn'oho seredovyscha v otsyntsi bezpeky pislya zakryttya skhovysch tverdykh radioaktyvnykh vidkhodiv. Zvit Robochoyi hrupy 3 Prohramy MAHATE z ekolohichnoho modelyuvannya dlya radiatsiynoyi bezpeky (EMRAS II), IAEA-TECDOC-1799* [International Atomic Energy Agency (IAEA). Environmental Change in Post-Closure Safety Assessment of Solid Radioactive Waste Repositories. Report of Working Group 3 of the IAEA's Environmental Modelling for Radiation Safety (EMRAS II) Programme, IAEA-TECDOC-1799]. 2016. URL: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE1799web.pdf> (in Ukrainian).
8. *Dyrektyva Rady 2013/59/EVRATOM vid 5 hrudnya 2013 roku "Pro vstanovlennya osnovnykh norm bezpeky dlya zakhystu vid zahroz, zumovlenykh vplyvom ionizuyuchoho vyprominyuvannya". Vyd. ofits.* [Council Directive 2013/59/EURATOM of December 5, 2013. Establishing Basic Safety Standards for Protection Against Dangers Arising from Exposure to Ionizing Radiation. Official edition]. Kyiv : State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine Publ., 156 p., 2014. URL: https://snriu.gov.ua/storage/app/sites/1/docs/pereklady_direktiv/radi-201359evratom.pdf (Accessed October 24, 2024). (in Ukrainian).
9. Grodzynskyi D.M. *Radiobiolohiya : pidruchnyk* [Radiobiology : textbook]. Kyiv : Lybid Publ., 2001, 448. p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 13.02.2025.