

DOI <https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-2>

УДК 621.039.58

В. Р. Румянцев, канд. техн. наук

Т. А. Шарапова, канд. фарм. наук

Г. В. Карпенко, канд. техн. наук

Запорізький національний університет

e-mail: abkarpenko2017@gmail.com

ORCID: 0000-0002-4404-3454

ORCID: 0000-0002-9868-5428

ORCID: 0000-0003-3504-0283

ОСОБЛИВОСТІ ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НА АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ

Анотація. У статті розглядаються специфікації стратегічного планування операцій з подолання наслідків інцидентів на ядерних об'єктах. Наявність численних джерел іонізуючого випромінювання на території держави створює суттєві ризики під час кризових подій, таких як промислові катастрофи, акти ядерного чи радіологічного тероризму, що потенційно призводять до поширення радіоактивних речовин і масового ураження людей. Такі обставини зобов'язують до превентивних дій, зокрема до підготовки до можливих викидів ізотопів йоду (^{131}I , ^{125}I , ^{123}I) з формуванням резервів захисних препаратів. Аналіз практики реагування на медичні та гігієнічні наслідки катастроф на атомних електростанціях демонструє, що під час масштабної події на одному ядерному комплексі в зоні ризику може виявитися 100–3000 працівників об'єкта, 1000–1 000 000 цивільних осіб та 1000–50 000 осіб із загонів реагування. Згідно з висновками національних і міжнародних фахівців, поза 30-кілометровою буферною зоною не прогноуються детерміновані радіаційні впливи, тому там не вимагається детальне планування медичної евакуації. Водночас зберігається загроза хронічного опромінення, яке провокує стохастичні радіобіологічні наслідки в довгостроковій перспективі. Дослідження акцентує увагу на пріоритетних захисних стратегіях для початкової стадії радіаційної аварії (РА). Ефективність укриття в закритих приміщеннях підвищується за рахунок герметизації стиків вікон і дверей доступними матеріалами. Сукупність профілактичних дій здатна знизити рівень внутрішнього забруднення від вдихання радіоактивних аерозолів у 3–10 разів. По завершенні проходження забрудненої хмари слід активізувати вентиляцію, аби запобігти концентрації аерозолів усередині, що перевищує зовнішні показники.

Ключові слова: радіаційні ризики, епідеміологічні ефекти, захисні протоколи.

Постановка проблеми. У сучасних умовах в Україні функціонують чотири атомні електростанції поряд з чималою кількістю промислових і наукових установ, які задіяні в роботі з джерелами іонізуючого випромінювання. Ці елементи інфраструктури становлять потенційну загрозу для забруднення прилеглих регіонів, де проживає значна частина населення. Відповідно до висновків вітчизняних і зарубіжних експертів у сфері ядерної безпеки факторами масштабних радіаційних катастроф можуть слугувати як технічні збої чи людські помилки в експлуатації реакторів, так і навмисні диверсії терористичного характеру. Глобальна спільнота не відкидає ймовірність подібних загроз на українській території. Зростання міжнародних контактів у політичній, економічній та соціокультурній сферах сприяє проникненню агентів радикальних угруповань серед мігрантів, що накопичує внутрішній потенціал для ескалації кризи до рівня нестабільності. Світовий досвід протидії таким викликам підкреслює критичну актуальність завдань з превенції та нейтралізації ядерного тероризму (ЯТ) і радіаційних аварій (РА), які потребують систематичного моніторингу з боку державних органів і недержавних інституцій. Ключовим елементом цієї політики є попереднє моделювання ризиків для широко-масштабних РА чи ЯТ з метою оперативного реагування.



Аналіз останніх досліджень. Отриманий національний досвід подолання [1] медично-гігієнічних наслідків катастроф на АЕС, доповнений рекомендаціями глобальних організацій та результатами симуляційних тренувань для охорони реагувальників і цивільних від інцидентів на об'єктах з підвищеною радіаційною небезпекою, свідчить про таке:

– У разі несправності реактора можлива ескалація до масштабної радіаційної катастрофи (РА).

– Радіус зони РА потенційно сягає 1000 км від епіцентру.

– Райони в межах 1000 км від АЕС у разі великої аварії класифікуються як зони підвищеного ризику, що передбачає активні заходи з мінімізації радіаційного впливу на людей.

Зону потенційної загрози в радіусі 1000 км від активної АЕС поділяють на підкатегорії:

– Зону критичної радіаційної небезпеки – безпосередньо АЕС та прилеглу 30-кілометрову спостережну зону.

– Зону помірно підвищеної радіаційної небезпеки – прилеглі території до зони критичної.

До критичної зони ризику належать шість регіонів України (Рівненська, Волинська, Хмельницька, Миколаївська, Дніпропетровська, Запорізька області). Зона помірно підвищеного ризику охоплює дванадцять областей, з деякими, що підпадають під вплив двох АЕС одночасно.

Практика подолання медично-гігієнічних наслідків аварій на АЕС ілюструє, що у разі великої катастрофи на ядерному об'єкті в зоні небезпеки опиняються 100–3000 співробітників, 1000–1 000 000 жителів та 1000–50 000 реагувальників (УЛНА).

За умов психоемоційного напруження серед населення, накопиченої втоми, хаосу та дефіциту засобів індивідуального захисту, а також через помилки в координації медичного супроводу фатальні втрати від детермінованих радіаційних ефектів (гостра променева хвороба, тяжкі травми) можуть сягнути 200 осіб, а від стохастичних наслідків (онкологія, генетичні порушення) – близько 500. Кількість осіб, які потребуватимуть тривалого медичного нагляду та терапії, може перевищити 1 млн.

У радіусі 30 км від пошкодженого реактора можливі детерміновані прояви опромінення, тому планування має включати медичну евакуацію (у співпраці з регіональними установами МОЗ України та санітарно-епідеміологічними службами), а також комплекс захисних гігієнічних протоколів (укриття, блокування йоду, обмеження вживання контамінованих ресурсів, термінова евакуація тощо) [2].

Варто зауважити, що, за оцінками національних і міжнародних досліджень, поза 30-кілометровою зоною детерміновані ефекти малоймовірні, отже, не потребують розгорнутого плану евакуаційно-лікувальних дій. Однак ризик хронічного опромінення зберігається, з потенціалом для стохастичних радіобіологічних уражень (онкологія, генетичні аномалії).

У межах 100-кілометрової зони навколо пошкодженого реактора можуть виникнути сценарії, коли відповідно до норм НРБУ-97 доведеться впроваджувати комплекс протирадіаційних дій (герметизація укриттів, блокування йодом, заборона на вживання контамінованих ресурсів харчування та води, термінова релокація тощо). Ці протоколи мають бути детально задокументовані у спеціальних розділах Плану медичного та гігієнічного супроводу населення.

Поза межами 100-кілометрової зони для жителів зберігається ризик зовнішнього та внутрішнього опромінення в обсягах, що провокують відстрочені радіобіологічні ускладнення. З метою блокування проникнення радіоізотопів йоду та інших нуклідів акцент робиться на превентивних гігієнічних процедурах, включаючи сповіщення, ізоляцію в приміщеннях, застосування стабільного йоду, моніторинг радіаційного фону, перевірку ресурсів та інші аналогічні кроки.

Стратегія медичного та гігієнічного супроводу на випадок ядерного терористичного інциденту (ЯРТ) має охоплювати повний спектр операцій для всебічного усунення наслідків такого акту [3] з чітким визначенням відповідальних сторін, послідовності, часових рамок та трива-



лості дій. Обов'язковим аспектом планування є встановлення механізмів оцінки ефективності робіт з нейтралізації наслідків ЯРТ та графіків їх реалізації. Підготовка такого плану передбачає узгодження з ключовими державними інстанціями, залученими до процесу, роблячи його базовим інструментом для координації та виконання.

У плані виділяються такі ключові сегменти організаційних дій:

- Повний набір медичної евакуації та гігієнічних протирадіаційних процедур для мешканців регіону в 30-кілометровій зоні від АЕС, де можливі детерміновані радіаційні ураження.
- Гігієнічні протирадіаційні процедури, у тому числі швидка релокація, на ділянках від 30 до 100 км від АЕС.
- Гігієнічні протирадіаційні процедури для запобігання інкорпорації радіоізотопів йоду (^{131}I , ^{125}I , ^{123}I) та інших нуклідів для всіх жителів регіону за межами 100-кілометрової зони (ізоляція, блокування йодом, радіаційний сканінг та контроль, заборона на контаміновані продукти та воду тощо).

Протирадіаційні, медично-евакуаційні та гігієнічні дії для охорони населення оптимально інтегрувати в єдиний консолідований план, адаптований до специфіки та розмаху ЯРТ, з урахуванням етапів розвитку інциденту, оскільки вони взаємозалежні.

Серед усього арсеналу дій за пріоритетом для надійного захисту населення виділяються: ізоляція в закритих приміщеннях, превентивне введення радіозахисних засобів, респіраторний бар'єр, покриття тіла, релокація, гігієнічна дезінфекція, тимчасове переселення, обмеження доступу до зони, перевірка харчових запасів, очищення поверхонь, екіпірування, засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), обладнання та об'єктів, а також загальна деконтамінація території тощо [4].

Залежно від етапів інциденту, шляхів забруднення та типів радіаційного навантаження застосовуються адаптовані протирадіаційні дії:

- На початковому етапі – ізоляція з базовим респіраторним захистом, введення стабільного йоду (КІ), релокація, обмеження входу до зони, гігієнічна обробка осіб, деконтамінація поверхонь, одягу, ЗІЗ тощо, а також первинна медична підтримка.
- На проміжному етапі – введення стабільного йоду (КІ), релокація, обмеження входу до зони, тимчасове переселення, гігієнічна обробка осіб, деконтамінація поверхонь, одягу, ЗІЗ тощо, моніторинг харчових ресурсів та води, медична підтримка.
- На фінальному етапі – обмеження входу до зони, моніторинг харчових ресурсів та води, деконтамінація території.

У цьому аналізі фокус на оптимальних протидіях для початкового етапу РА. Рівень захисту приміщень підвищується шляхом заповнення щілин вікон і дверей імпровізованими матеріалами. Інтегрований підхід дозволяє зменшити внутрішнє опромінення від аерозольного вдихання в 3–10 разів. Після розсіювання радіоактивної хмари слід забезпечити провітрювання для запобігання надмірній концентрації аерозолів усередині порівняно із зовнішнім середовищем.

Під час ЯРТ у викидах радіоактивних матеріалів можуть фігурувати ізотопи йоду, зокрема ^{131}I , ^{125}I , ^{123}I . Ці елементи також входять до продуктів розпаду, які можуть слугувати основою для захисних стратегій. Слід підкреслити мінімальну кількість побічних реакцій від КІ [5].

Для блокування акумуляції радіоактивного йоду (^{131}I) у щитоподібній залозі рекомендується використовувати стабільні йодні препарати, особливо у разі інгаляційного чи перорального надходження. Досвід підтверджує максимальну ефективність такої профілактики у разі аерозольного забруднення ^{131}I . Параметри для активації цього заходу визначені в НРБУ-97.

Оптимальним інструментом для раннього збереження щитоподібної залози є КІ, який мінімізує детерміновані та стохастичні наслідки для будь-яких вікових груп. Важливо наголосити, що КІ не є універсальним радіозахистом, а діє виключно проти інкорпорації ^{131}I [6]. У сцена-



ріях радіологічного нападу чи ЯРТ КІ ефективний лише за наявності ^{131}I у викиді; за значних обсягів такого ізотопу від диверсії на ядерному об'єкті його застосування обґрунтоване.

У рекомендованих дозах стабільний йод перешкоджає фіксації радіоактивного аналога в щитоподібній залозі, забезпечуючи бар'єр від надмірного опромінення. Після разового надходження радіоїоду пік акумуляції досягається за 1–2 доби, з половиною максимуму за приблизно 6 годин. Абсорбція залежить від віку: у немовлят і дітей до року доза на залозу в 8 разів вища, у 10-річних – у 3 рази, у 15-річних – у 1,5 раза порівняно з дорослими.

Протоколи йодної профілактики інтегруються в планування заздалегідь, з аналізом ресурсів для виробництва та дистрибуції. Загалом, така міра виправдана у разі середньої еквівалентної дози на щитоподібну залозу близько 500 мЗв [7]. Залежно від контексту поріг може знижуватися, але не нижче 50 мЗв.

За висновками національних спеціалістів та рекомендаціями МКРЗ ідеальним порогом для йодної профілактики є 100 мЗв еквівалентної дози на щитоподібну залозу. Такий критерій забезпечує основу для швидкого рішення та впровадження в умовах ЯРТ.

Медичні установи, розташовані в районах потенційного впливу АЕС [8], зобов'язані реалізувати організаційні та підготовчі процедури в період до виникнення інциденту. Слід виконати оцінку загального обсягу стабільних йодних препаратів на базі формування реєстрів осіб, які підпадають під програму блокування, а також створити систему сповіщення спеціалістів для здійснення профілактики йодом та координації їхніх зусиль. Інструктивний матеріал щодо раціональності застосування стабільних йодних засобів та потенційних небажаних реакцій має бути підготовлений наперед і поширюватися серед населення разом із препаратами.

Експерти медичних центрів (стаціонарів, поліклінік, амбулаторій тощо) забезпечують йодну профілактику для співробітників, пацієнтів та сприяють її впровадженню в громаді. Попередньо необхідно ідентифікувати індивідів з обмеженнями до йодних засобів (псоріаз, гіпертиреоз, вузловий зоб, шкірні запалення тощо). Високопріоритетними групами для захисних інтервенцій є малюки віком до трьох років, жінки в періоді вагітності та годуючі матері, оскільки вони належать до категорії з підвищеною вразливістю до радіаційного навантаження на щитоподібну залозу від радіоїоду.

Під час надзвичайних подій з радіаційною контамінацією територій попит на радіозахисні агенти з'являється вже в початкові години нейтралізації наслідків. Отже, у стратегії реагування на ядерний тероризм чи радіаційні інциденти необхідно інтегрувати прогнози щодо радіопротекторів для учасників усунення кризи [10].

На підставі викладеного можна сформулювати такі ключові висновки:

1. Аспекти превенції радіаційного ураження для реагувальників і цивільних є невід'ємними елементами плану відповіді на ядерний тероризм, з детальним опрацюванням у сегменті гігієнічних протирадіаційних дій для блокування інкорпорації радіоізоотопів йоду (^{131}I , ^{125}I , ^{123}I) та інших нуклідів для всіх жителів регіону поза 100-кілометровою зоною від АЕС.

2. З огляду на стислий час напіврозпаду йодних радіонуклідів (^{131}I , ^{125}I , ^{123}I) для оперативної реакції на загрози ядерного тероризму чи радіаційних подій потрібні попередні калькуляції вимог до превентивних ресурсів.

3. Для забезпечення передумов до всебічної організації превентивних інтервенцій проти проникнення радіоізоотопів йоду (^{131}I , ^{125}I , ^{123}I) виникає необхідність у формуванні адекватних резервів КІ, розрахованих на чисельність реагувальників і населення з урахуванням географічного розподілу.

4. У стратегії відповіді на ядерний тероризм чи радіаційні інциденти слід передбачити прогнози щодо радіопротекторів проти інших нуклідів для учасників нейтралізації надзвичайних ситуацій.

**Список використаних джерел**

1. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 09.03.2021 № 408 «Про затвердження Регламенту щодо проведення йодної профілактики у разі виникнення радіаційної аварії». *Офіційний вісник України*. 2021. № 25.
2. План реагування на надзвичайні ситуації державного рівня : Постанова Кабінету Міністрів України від 14.03.2018 № 223. *Урядовий кур'єр*, 2018. № 55.
3. Довідник рятувальника при радіаційних аваріях. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Київ, 2021.
4. Bazyka D. A., Sushko V. O., Chumak A. A., Fedirko P. A., Talko V. V., Yanovych L. A. State Institution "National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine" – research activities and scientific advance in 2020. *Problems of Radiation Medicine and Radiobiology*, 2021. Vol. 26. P. 10–17.
5. Наказ Державного комітету ядерного регулювання України від 16.02.2017 № 51/151 «Про затвердження Загальних правил радіаційної безпеки використання джерел іонізуючого випромінювання в медицині». *Офіційний вісник України*, 2017. № 20.
6. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології* : науковий журнал. ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України». Київ, 2021.
7. Звіт про діяльність Державного агентства України з управління зоною відчуження за 2022 рік. Київ : ДАЗВ, 2023.
8. Стратегія розвитку територій зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи на 2021–2030 роки. Державне агентство України з управління зоною відчуження. Київ, 2020.
9. План реагування на радіаційні аварії, затверджений наказом Держатомрегулювання України та МНС України від 17.05.2004 № 87/211. *Офіційний вісник України*, 2004. № 24.

Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 10.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 28.04.2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



V. Rumyantsev, T. Sharapova, G. Karpenko

Zaporizhzhia National University

FEATURES OF PLANNING MEASURES FOR THE ELIMINATION OF CONSEQUENCES AT NUCLEAR POWER PLANTS**Summary**

This paper presents an analysis of the specific aspects of planning response measures for the elimination of consequences at nuclear power plants. The presence of a large number of sources of radioactive emissions in the country poses a significant risk in the event of emergencies – technogenic accidents, nuclear or radiological terrorism – which may lead to radionuclide contamination and exposure of large populations. This necessitates proactive preparedness for potential releases of iodine radionuclides ^{131}I , ^{123}I , and ^{125}I and the establishment of reserves of prophylactic agents. Experience from the mitigation of medical and sanitary consequences of nuclear power plant accidents has shown that, in the case of a large-scale incident at a single nuclear facility, the affected zone may include between 100 and 3.000 personnel, 1.000 to 1 million residents, and 1.000 to 50.000 emergency response participants. According to domestic and international expert studies, deterministic effects are not expected beyond the 30-kilometer zone, which in turn does not require planning for medical evacuation measures. However, there remains a risk of population exposure to doses that may lead to adverse long-term radiobiological effects. The study examines the most effective countermeasures applicable during the early phase of a radiation accident. The protective capacity of indoor spaces can be increased by sealing window and door gaps with available materials. A comprehensive set of measures can reduce internal exposure from inhalation of radioactive aerosol particles by a factor of 3 to 10. After the passage of the radioactive cloud, it is necessary to ventilate indoor spaces to prevent the accumulation of aerosols at concentrations exceeding those in the ambient air.

Keywords: medical consequences, morbidity, prophylaxis.