

ЧОРНОБИЛЬ: МЕДИЧНІ НАСЛІДКИ — СПАДЩИНА ЧЕРЕЗ 40 РОКІВ ПІСЛЯ АВАРІЇ

Сушко В.О.
Колосинська О.О.
Вдовенко В.Ю.

Державна установа
«Національний науковий
центр радіаційної медицини,
гематології та онкології
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

- **ПЕРЕДМОВА.** Через майже 40 років після Чорнобильської катастрофи її медико-біологічні наслідки залишаються значущими для здоров'я населення України. Найбільш уражені групи — учасники ліквідації наслідків аварії, евакуйовані, мешканці радіаційно забруднених територій.
- **МЕТА.** Систематизувати сучасні дані щодо онкологічної й неонкологічної захворюваності, смертності, інвалідності та впливу радіаційного фактору у ключових когортах постраждалих; визначити пріоритети охорони здоров'я напередодні 40-х роковин аварії.
- **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.** Використано дані Державного реєстру постраждалих, результати багаторічних епідеміологічних досліджень, радіаційно-гігієнічного моніторингу та дозиметричну паспортизацію населених пунктів України. Основні показники: стандартизовані коефіцієнти захворюваності (SIR), надлишковий відносний ризик (ERR/Гр), структура смертності та мультиморбідності.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** У учасників ліквідації наслідків аварії — виявлено підвищену онкозахворюваність (SIR>1), зокрема раку щитоподібної залози та лейкемій (ERR/Гр>0). Визначено домінування неонкологічної патології серцево-судинної, цереброваскулярної, ендокринної та респіраторної систем. Зафіксовано підвищену смертність постраждалих з кінця 1990-х років і зростання мультиморбідності. Поточне опромінення формується переважно за рахунок внутрішнього накопичення ¹³⁷Cs. Повномасштабна війна 2022 року ускладнила доступ до медичної допомоги.
- **ВИСНОВКИ.** Зберігається високий рівень онкозахворюваності і смертності постраждалих, основними причинами смертності залишаються серцево-судинні та цереброваскулярні хвороби, важливу роль має коморбідність. Радіаційні та нерадіаційні фактори Чорнобильської катастрофи мають стійкий негативний вплив на здоров'я. Необхідне відновлення дозиметричного контролю, реєстрового нагляду та міжнародної кооперації для ефективного моніторингу й профілактики радіаційних та медичних наслідків.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** Чорнобиль, радіаційне опромінення, дозиметричний моніторинг, онкозахворюваність, мультиморбідність, учасники ліквідації наслідків аварії, ¹³⁷Cs.

CHORNOBYL: THE MEDICAL CONSEQUENCES — LEGACY 40 YEARS AFTER THE ACCIDENT

Sushko V.O.
Kolosynska O.O.
Vdovenko V.Yu.

State Institution
«National Research Centre
for Radiation Medicine,
Haematology and Oncology
of the National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- **INTRODUCTION.** Nearly 40 years after the Chernobyl Catastrophe, its health effects remain significant for health of the population of Ukraine. Most affected groups include clean-up workers, evacuees, and residents of the radioactively contaminated territories.
- **THE AIM.** To systematize current data on cancer and non-cancer morbidity, mortality, disability, and dose-related factors in the main exposed cohorts; and to define health priorities ahead of the 40th anniversary of the accident.
- **MATERIALS AND METHODS.** Sources include data from the State Registry of Chernobyl victims, long-term epidemiological studies, radiation and hygiene monitoring and dosimetric passportization of settlements. Main indicators: standardized incidence ratios (SIR), excess relative risk (ERR/Gy), mortality structure, and multimorbidity prevalence.
- **RESULTS.** Clean-up workers have been found to have an increased cancer incidence (SIR>1), in particular thyroid cancer and leukemia (ERR/Gr>0). The dominance of non-oncological pathology of the cardiovascular, cerebrovascular, endocrine, and respiratory systems has been determined. Increased mortality of victims since the late 1990s and an increase in multimorbidity have been recorded. Current exposure is formed mainly due to the internal accumulation of ¹³⁷Cs. The full-scale war of 2022 has complicated access to medical care.
- **CONCLUSIONS.** The high level of cancer morbidity and mortality among victims remains, the main causes of mortality remain cardiovascular and cerebrovascular diseases, and comorbidity plays an important role. Radiation and non-radiation factors of the Chernobyl disaster have a persistent negative impact on health. It is necessary to restore dosimetric control, registry surveillance and international cooperation for effective monitoring and prevention of radiological and medical consequences.
- **KEYWORDS:** Chernobyl, radiation exposure, dosimetric monitoring, cancer morbidity, multimorbidity, clean-up workers, ¹³⁷Cs.

ВСТУП

Аварія 26 квітня 1986 року на четвертому енергоблоці Чорнобильської АЕС стала однією з найсерйозніших техногенних катастроф в історії за масштабами радіоактивного забруднення. Руйнування реактора, що містив близько 192 тон ядерного палива, спричинило значний викид радіонуклідів у довкілля. Загальна активність викидів з 26 квітня по 10 травня 1986 року оцінюється в 45–80 МКі, з яких близько 30% осіло в межах 50 км від АЕС. Суттєве зменшення викидів досягнуто лише після 10 травня і завдяки наступному спорудженню «Об'єкта «Укриття», що було завершено 14 грудня 1986 року [1]. Внаслідок аварії на ЧАЕС в Україні 1986 постраждали 3 259 761 громадянин та 2 293 населених пункти України.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження проведено у форматі ретроспективного аналітико-епідеміологічного огляду довготривалих медичних наслідків аварії на ЧАЕС в основних постраждалих когортах в Україні. Синтез охопив дані Державного реєстру постраждалих, результати радіаційно-гігієнічного моніторингу, чинні нормативні акти щодо дозиметричної паспортизації населених пунктів, а також опубліковані епідеміологічні дослідження.

Основні джерела включали агреговані показники захворюваності, смертності та інвалідності, матеріали програм дозиметричної паспортизації 2011–2013 рр. (127 населених пунктів із «паспортною дозою» >0,5 мЗв/рік) та наступні спостереження. Аналіз охопив когорту учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) (1986–1987), евакуйованих і мешканців радіаційно забруднених територій (РЗТ). Додатково враховано аналітичні піддослідження — оцінку ризику лейкемії у УЛНА (моделі ERR/Гр), дослідження «випадок–контроль» раку щитовидної залози (ЩЗ) з індивідуальними дозовими реконструкціями, а також довготривалі спостереження осіб з підтвердженою гострою променевою хворобою (ГПХ) 1–3 та невірфікованою променевою хворобою «ГПХ-НС» (ревізія 1989 р.).

Ураховано, що сучасні індивідуальні дози у мешканців РЗТ формуються здебільшого через внутрішнє опромінення від ^{137}Cs у продуктах харчування (молоко, лісові ресурси); внесок ^{90}Sr є мінімальним. Акумуляція дози: ~60% у перші 5 років, ~80% — за 15 років, <20% — у 2000–2024 рр.

Первинні кінцеві точки — стандартизовані коефіцієнти захворюваності (SIR) з 95% довірчим інтервалом (ДІ) для усіх злоякісних новоутворень і окремих форм (лейкемія/лімфома, рак ЩЗ, інші солідні пухлини); вторинні — структура смертності, інвалідності та спектр неонкологічних патологій у вікових підкогортах.

Статистичний аналіз базувався на індирикційній стандартизації SIR за віком і статтю (95% ДІ за Пуассоном); оцінка ризику лейкемії — через ERR/Гр із урахуванням латентності та професійних модифікаторів (наприклад, вплив бензину). Для раку ЩЗ застосовано дизайн «випадок–контроль» зі стратифікацією за морфотипами та часом після опромінення.

Контроль якості даних забезпечено офіційними джерелами. Основні обмеження — агрегований характер інформації, що ускладнює контроль за конфаундерами (куріння, хімічні фактори), перерви у моніторингу після 2014 р. та деструкція систем реєстрації через війну 2022 року.

Етичні норми дотримано: використано лише деперсоналізовані агреговані дані; чинна дозиметрична паспортизація узгоджена з вимогами Директиви 2013/59/Євратом.

РЕЗУЛЬТАТИ

У період 1986–1987 рр. до ліквідації аварії було залучено близько 350 000 осіб (УЛНА), включно з військовими, персоналом АЕС, пожежниками, міліцією. Найвищих доз зазнали приблизно 240 000 осіб, які працювали у 30-км зоні в перші місяці після вибуху. До 1991 р. реєстраційна кількість ліквідаторів сягнула 600 000, проте значний радіаційний вплив був характерний в основному для першої хвилі [1].

Евакуаційні заходи охопили 116 тис. осіб у 1986 р. з подальшим відселенням ще 230 тис. осіб із зон підвищеного радіаційного ризику [1]. Ці демографічні зрушення суттєво змінили соціальну структуру регіонів навколо ЧАЕС [2].

Попри тривалий час від моменту аварії, чисельність осіб зі статусом постраждалих залишається значною — 1,487 млн осіб, серед яких майже 262 тис. — діти. Динаміка постраждалого контингенту демонструє природне зменшення: порівняно з 2008 р. кількість дорослих скоротилася на понад 609 тис. (–33,2%), а число УЛНА — майже на половину (–45,2%). Зменшення дитячої категорії пов'язане не лише

з демографічними факторами, але й з втратою статусу після досягнення повноліття [3].

Показники інвалідизації внаслідок аварії залишаються високими: понад 100 тис. осіб мають встановлений зв'язок між інвалідністю і наслідками радіаційного впливу, з них майже половина — УЛНА, а понад тисяча — діти [3]. Останні три роки спостерігається стабільне зростання рівня інвалідності: з 0,6 до 0,9 на 10 тис. дорослого населення, з піковими значеннями у Київській (до 15,5) та Житомирській областях (до 5,2), що відповідає щільності проживання найбільш уражених категорій та старінню когорт.

Значну соціальну вразливість становить група вдів і вдівців — понад 43 тис. осіб втратили близьких через підтверджені наслідки аварії. Це — непрямая, але важлива індикативна ознака зростаючого кумулятивного впливу на довготривалу смертність [2, 3].

Водночас, у структурі категорій постраждалих переважають мешканці зон із тривалим радіаційним наглядом: 2 категорія (евакуйовані й переселенці) — 47 тис. осіб, 3 категорія (зона гарантованого відселення) — понад 330 тис., а 4 категорія (зона посиленого контролю) — 670 тис. осіб [3].

Відповідно до Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» та постанови Кабінету Міністрів УРСР № 106 від 23.07.1991 р., дозиметричному контролю підлягали 2021 населені пункти (НП) [4, 5].

За результатами державної програми «Загальнодозиметрична паспортизація населених пунктів України» (2011–2013 рр.) визначено 127 НП, у яких «паспортна доза» перевищує $0,5 \text{ мЗв} \cdot \text{рік}^{-1}$. Такі НП визнано радіоактивно забрудненими територіями (РЗТ), що потребують регулярного радіаційно-гігієнічного моніторингу [5–8]. Ці населені пункти розташовані переважно у Рівненській ($n=64$) і Житомирській ($n=53$) областях, менші частки — у Волинській ($n=6$) та Київській ($n=4$) [6, 7].

З 2014 року системний дозиметричний контроль населення радіоактивно забруднених територій практично не проводиться, а достовірні публічні дані про його здійснення відсутні. Серед наукових установ, що продовжують виконання окремих вимірювань і досліджень, провідну роль відіграє ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України» (ННЦРМГО). Моніторинг здійснюється в межах науково-дос-

лідних проектів, переважно в населених пунктах із найвищими рівнями опромінення [5–8].

31 січня 2025 р. постановою Кабінету Міністрів України № 111 затверджено механізм оновленої дозиметричної паспортизації НП, що зазнали радіоактивного забруднення. Її метою є визначення необхідності захисних заходів для обмеження додаткового опромінення населення. Методологія відповідає вимогам Директиви Ради 2013/59/Євратом, що імплементована в законодавство України згідно з Законом № 1678-VII від 16.09.2014 р. «Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони».

Впродовж весни-літа 2025 р. Державним спеціалізованим підприємством «ЕКОЦЕНТР» проведені заходи з дозиметричної паспортизації в рамках загальнодержавної програми, але результати ще проходять етапи валідації та експертизи.

У сучасних умовах основним джерелом річних ефективних доз у жителів РЗТ є внутрішнє опромінення внаслідок надходження ^{137}Cs з продуктами місцевого виробництва — переважно молоком — та з диких харчових ресурсів, особливо грибів і ягід. Внесок ^{90}Sr у загальну дозу внутрішнього опромінення є мінімальним, оскільки його рівні в продуктах значно нижчі за гігієнічні нормативи (ГН 6.6.1.1-130-2006). Зокрема, у НП Київської області вміст ^{90}Sr у молоці й картоплі суттєво не перевищує допустимі межі, тому основна доза формується через споживання дикорослих продуктів [5–9].

Протягом перших п'яти років після аварії мешканці найбільш забруднених районів РЗТ накопичили в середньому 58% сумарної дози; за перші 15 років — до 80%. У 2000–2024 рр. сформувалося не більше 20% від дози, отриманої у період 1986–2020 рр. [8, 9].

Повномасштабне вторгнення РФ спричинило руйнування або пошкодження 128 закладів охорони здоров'я північної Київщини, втрату медичної інфраструктури та обладнання. У 30-км зоні відбулося порушення стабільності тимчасових сховищ радіаційно забруднених відходів і ґрунтів ліквідаційного періоду 1986 р. Зафіксовано знищення радіометричного обладнання й джерел іонізуючого випромінювання у лабораторіях ЧАЕС. Наслідком цих подій стало суттєве зниження доступності медичної допомоги для мешканців РЗТ та УЛНА,

зменшення частоти виявлення тяжких патологій і, відповідно, зростання захворюваності та смертності серед постраждалих контингентів.

У контексті вивчення наслідків променевого ураження, ННЦРМГО проводить довготривале спостереження за особами з діагнозом «гостра променева хвороба», встановленим у 1986 році [10]. Із 237 зареєстрованих випадків, діагноз ГПХ 1–3 ступеня був підтверджений у 134 осіб, тоді як у 103 — не підтверджений (ГПХ-НС) після ревізії 1989 р. Обидві групи залишаються під довготривалим клініко-епідеміологічним наглядом (табл. 1).

Серед опромінених контингентів найбільш чисельною групою були працівники ЧАЕС, які зазнали прямих дозових навантажень під час технологічного циклу. Другою за чисельністю була когорта пожежників, що виконували аварійні дії у перші години після вибуху. До окремої групи належали випадково опромінені особи — цивільне населення міста Прип'яті, відряджені працівники та інші особи, які не були класифіковані в офіційні категорії. Ці підгрупи мали різний рівень доз і спектр ризиків, що потребувало стратифікованого медичного супроводу.

Аналіз причин смерті серед реконвалесцентів із підтвердженою або непідтвердженою ГПХ ($n = 74$) свідчить про переважання серцево-судинної патології ($n = 30$), за якою слідує онкогематологічні та солідні пухлини ($n = 25$), інші соматичні та інфекційні ускладнення ($n = 14$), а також летальні травми ($n = 5$). Ці дані відображають тривалу патологічну тінь радіаційного

впливу навіть у підгрупах із помірною дозовою експозицією.

Описові дослідження, проведені українськими та міжнародними науковими колективами, дозволили виокремити спектр патологій, асоційованих з радіаційним опроміненням в низьких і середніх дозах серед УЛНА, евакуйованих і мешканців РЗТ:

- УЛНА та евакуйовані з Прип'яті: лейкемії, лімфоми, множинна міелома, рак цитоподібної та молочної залоз, рак легень, інші солідні пухлини, хронічна обструктивна хвороба легень (ХОЗЛ), ішемічна хвороба серця (ІХС);
- спеціальні дослідження ризиків у УЛНА: лейкемії, множинна міелома, рак ЩЗ, когнітивні порушення, променева катаракта;
- опромінені *in utero*: порушення когнітивної функції;
- загальна популяція постраждалих: підвищений ризик раку ЩЗ та смертності від серцево-судинних захворювань.

Ці результати узгоджуються з міжнародною доказовою базою щодо наслідків опромінення в межах малих і середніх доз, і демонструють когорто-специфічну чутливість окремих органів і систем.

Аналіз захворюваності на злоякісні новоутворення серед основних постраждалих когорт виявив диференційовані патерни ризику (табл. 2).

У когорті УЛНА, які працювали у 1986–1987 роках, SIR перевищував загальнонаціональний рівень протягом усього періоду спостереження 1994–2021 років, досягаючи 106,6%. Хоча спосте-

Таблиця 1. Вік, стать, професійна діяльність і дозиметрична характеристика пацієнтів у групах ГПХ та непідтвердженої ГПХ

Показники	Непідтверджена ГПХ	I	II	III	IV
Стать (ж /ч)	11/92	3/38	2/48	0/22	1/20
<i>Професійна діяльність на період опромінення:</i>					
Працівники ЧАЕС	29	12	21	17	13
Військовослужбовці	2	8	3	—	—
Будівельники	6	3	15	3	—
Пожежники	34	6	7	1	6
Випадково опромінені	20	4	1	1	2
Ліквідатори	—	1	3	—	—
<i>Вік на момент опромінення, років</i>					
M ± SD	36,4±10,4	34,1 ± 8,5	37,9±13,5	37,4±13,5	31,8±9,2
95% ДІ:	34,4–38,5	31,4–36,8	34,1–41,7	31,4–43,4	27,6–36,0
<i>Поглинута доза, Гр</i>					
M ± SD	0,4 ± 0,3	1,0 ± 0,6	2,4 ± 0,9	5,1 ± 1,5	9,9 ± 2,2
95% ДІ:	0,2–0,5	0,8–1,2	2,1–2,7	4,4–5,8	8,8–11,0

Таблиця 2. Захворюваність на всі форми злоякісних новоутворень (МКХ-10 C00–C96) серед постраждалих груп населення України (SIR, %)

Категорія	Фактична кількість випадків	Очікувана кількість випадків	SIR, %	95% ДІ
Мешканці забруднених радіонуклідами територій (1990–2021 рр.)	21185	26000,1	81,5	80,4–82,6
УЛНА 1986–1987 рр. (1994–2021 рр.)	14303	13412,7	106,6	104,9–108,5
Евакуйовані із зони відчуження (1990–2021 рр.)	4464	5105,5	89,4	86,8–92,0

рігається тенденція до поступового зниження цього показника, він досі залишається вищим за середній рівень у популяції.

Динаміка показників захворюваності на онкопатологію в усіх постраждалих групах демонструє стабільність упродовж останніх років спостереження, без значущих коливань або нових трендів. Це свідчить про завершення фази постопромінювального онкоризику в низці когорт, водночас збереження підвищеного ризику у постраждалих, котрі зазнали найбільшого впливу, зокрема серед УЛНА [1].

Деталізований аналіз окремих форм неоплазій дозволив ідентифікувати стабільні групові патерни. Найвищий надлишковий ризик раку ЩЗ (МКХ-10: C73) фіксується серед УЛНА 1986–1987 рр. (SIR=450,3; 95% ДІ: 408,8–491,8) та евакуйованих осіб (SIR=375,1; 95% ДІ: 337,0–413,3), що відображає кумулятивний ефект раннього опромінення і латентного розвитку пухлин. Серед мешканців РЗТ рівень також залишається підвищеним (SIR = 130,5), хоча й нижчим за згадані категорії, ймовірно через відмінності в дозовому профілі та термінах експозиції.

У випадку гематологічних злоякісних новоутворень (лейкемії, лімфоми, мієломна хвороба) найбільш значущі перевищення зареєстровано також у групах УЛНА (SIR=146,9; 95% ДІ: 137,0–156,8) та евакуйованих (SIR=146,5; 95% ДІ: 131,1–161,8). Натомість у жителів РЗТ показник захворюваності на ці патології залишався нижчим за середній по країні (SIR=88,7; 95% ДІ: 83,5–94,0), що може свідчити про дозову недостатність для індукції таких неоплазій або дію компенсаторних факторів [1, 11, 12].

Ці відмінності підтверджують необхідність стратифікованого підходу до епідеміологічного аналізу з урахуванням часу, тривалості та типу опромінення у межах різних постраждалих когорт.

Когортне дослідження ризику лейкемії серед УЛНА проводилося у межах двосторонньої програми Україна–США (1999 р.) і охоплюва-

ло 110 645 осіб чоловічої статі. Надлишковий відносний ризик (ERR/Гр) у 15-річному періоді після опромінення становив 3,44 (95% ДІ: 0,47–9,78; $p < 0,01$) [13], а у 20-річному — 2,38 (95% ДІ: 0,49–5,87; $p = 0,004$) [14].

Ризик був надлишковим як для хронічного лімфолейкозу (ERR/Гр = 2,58; 95% ДІ: 0,02–8,43; $p = 0,047$), так і для інших форм лейкемії (ERR/Гр = 2,21; 95% ДІ: 0,05–7,61; $p = 0,039$). Оціночна частка випадків лейкемії, індукованих опроміненням, сягала 16% за 20 років після катастрофи. Вплив нерадіаційних модифікаторів на ризик був незначним, за винятком професійного контакту з бензином, що асоціювався з підвищеним ризиком розвитку мієлоїдних форм [15, 16].

Ризик раку ЩЗ у дорослих після аварії також є предметом масштабних досліджень [1, 11, 17, 18]. Частота цієї форми раку суттєво перевищувала середньопопуляційні показники в усіх ключових когортах: у УЛНА — у 4,5 раза, серед евакуйованих — у 3,8 раза, а серед мешканців РЗТ — у 1,3 раза, що підтверджує високий рівень дозового впливу в гострий період і радіочутливість тканин ЩЗ у дорослому віці [1, 11].

У співпраці з Національним інститутом раку США (Radiation Epidemiology Branch, DCEG, Division of Cancer Epidemiology and Genetics, NIH, DHHS, National Cancer Institute, 9609 Medical Center Dr., Rm 7E542, Bethesda, MD MS 9778, USA), ННЦРМГО провів дослідження типу «випадок–контроль» серед 150 813 чоловіків-УЛНА (1986–1987 рр.), що включало 149 випадків раку ЩЗ та 458 контрольних осіб [17]. Для кожного учасника була реконструйована індивідуальна доза опромінення на ЩЗ (середнє значення — 199 мГр; діапазон: 0,15 мГр — 9 Гр). Розрахований ERR/Гр становив 0,40 (95% ДІ: –0,05–1,48; $p = 0,12$) у період 1988–2012 рр., що свідчить про тенденцію до підвищеного ризику, хоча статистична значущість не досягнута. Вищі ризики фіксувалися при коротшому латентному пе-

ріоді та у випадках фолікулярного морфотипу пухлин.

Оцінка захворюваності на рак молочної залози виявила достовірне підвищення лише серед жінок УЛНА 1986–1987 рр. — SIR=155,4% (95% ДІ: 140,4–170,4%) у 1994–2021 рр., що у 1,5–1,6 раза перевищує національний рівень [1]. Водночас серед евакуйованих (SIR=85,5%) та мешканок РЗТ (SIR=66,2%) спостерігалася знижена захворюваність порівняно з загальнонаціональними показниками, що вказує на можливу роль дозового порогу або демографічних відмінностей.

Аналіз довготермінової динаміки онкозахворюваності на забруднених територіях засвідчив підйом захворюваності до 1992 р., після чого темпи зростання стабілізувались, особливо у чоловіків. Мінімальні рівні фіксувались у 2006 р., з подальшим зростанням до 2019 р. У 2020–2021 рр. знову зафіксовано спад, найімовірніше пов'язаний із порушеннями медичної допомоги внаслідок пандемії COVID-19 та війни, що вплинули на повноту діагностики та реєстрації новоутворень.

У перші роки після Чорнобильської катастрофи переважала думка, що опромінення не призведе до зростання поширеності хронічної соматичної патології. Проте через 15–20 років було зафіксовано достовірне зростання частоти непухлинних захворювань серед осіб з дозами зовнішнього опромінення понад 0,25 Гр [1, 19, 20]. Найбільший внесок у захворюваність УЛНА внесли хвороби серцево-судинної, цереброваскулярної, респіраторної, ендокринної, травної

систем, а також хвороби опорно-рухового апарату, нервової системи та органів чуття. На ці групи припадає до 90% усіх непухлинних захворювань [10].

За сучасними даними, 95% осіб з груп УЛНА 1986–1987 рр. і евакуйованих мають хронічну мультиморбідність, зазвичай — 3–4 коморбідні діагнози. Це підтверджується даними динамічних спостережень: порівняння структури непухлинної захворюваності у періоди 1988–1992 і 2013–2016 рр. свідчить про стабільне домінування кардіометаболічних і гастроентерологічних патологій, а також зростання частоти захворювань сечостатевої системи у вікових когорт старше 40 років (табл. 3). Водночас зафіксовано зниження частоти психоневрологічних порушень та хвороб нервової системи, ймовірно через недооблік або специфіку діагностичної практики у пізніші роки.

Представлені дані підкреслюють домінування соматичних захворювань як основного клінічного тягаря для постраждалих контингентів у віддалений післяаварійний період.

За результатами епідеміологічних спостережень ННЦРМГО, частота розвитку низки хронічних захворювань виявляє достовірну залежність від індивідуальної дози опромінення, тривалості періоду після опромінення та віку і терміну отримання основної частки дози опромінення. Такі дозові залежності встановлені, зокрема, для ІХС, артеріальної гіпертензії, ХОЗЛ, а також патологій органу зору — інволютивної катаракти та вікової макулодистрофії. Подібні тренди простежуються і для ряду інших сома-

Таблиця 3. Структура захворюваності на непухлинні захворювання за періоди спостережень 1988–1992 та 2013–2016 років серед УЛНА на ЧАЕС у період 1986–1987 років (у відсотках)

Нозологія	Код МКХ-10	Період спостереження	
		1988–1992	2013–2016
		вік на дату аварії	
		(18–39/40–60)	(18–39/40–60)
Хвороби системи кровообігу	I00.0–I99.9	17,8 / 32,1	33,0 / 31,0
Хвороби органів дихання	J00.0–J99.9	6,9 / 8,3	9,0 / 7,0
Хвороби органів травлення	K00.0–K93.9	23,2 / 23,8	22,0 / 25,0
Психічні розлади та розлади поведінки	F00.0–F99.9	7,2 / 3,9	1,0 / 1,0
Хвороби нервової системи	G00.0–G99.9	23,4 / 12,2	4,0 / 4,0
Ендокринні хвороби, розлади харчування та порушення обміну речовин	E00.0–E90.9	16,8 / 5,2	10,0 / 10,0
Хвороби кістково-м'язової системи та сполучної тканини	M00.0–M99.9	8,8 / 12,3	11,0 / 12,0
Хвороби сечостатевої системи	N00.0–N99.9	1,9 / 2,2	10,0 / 10,0

тичних станів, що підтверджує комплексний вплив іонізуючого випромінення на системному рівні [1, 19].

У віддаленому періоді після катастрофи зафіксовано істотне зростання смертності серед ліквідаторів, евакуйованих та мешканців РЗТ, насамперед від непухлинної соматичної патології. Виражене підвищення спостерігалось у 1998–2012 рр. — через 12–26 років після аварії [1, 3, 21]. Впродовж наступного періоду (2008–2024 рр.) рівень смертності продовжував зростати у всіх основних категоріях постраждалих дорослих, із максимальною втратою серед УЛНА (понад 45%) та помітним спадом чисельності інших категорій (близько 30%), особливо серед осіб старших вікових груп.

Згідно з даними тривалих епідеміологічних спостережень, у 1998–2021 рр. стабільно високим залишався рівень смертності від неонкологічних захворювань у постраждалого населення віком 18–60 років на момент аварії [22].

Смертність у групі УЛНА демонструє стійку тенденцію до зростання у всіх вікових підгрупах (18–60 років, зокрема 18–39 і 40–60 років), що вказує на хронічний характер пострадіаційного впливу на соматичне здоров'я впродовж усього післяаварійного періоду [22].

Серед УЛНА домінуючими причинами смертності від непухлинної патології були хвороби системи кровообігу, травної, дихальної, ендокринної, кістково-м'язової та сечостатевої систем. Сукупно ці захворювання становлять до 95% усіх летальних випадків у ліквідаторів, незалежно від віку. Пріоритетною причиною смертей в осіб віком 18–60 років залишалася ІХС, незалежно від дози опромінення [21]. Максимальні рівні смертності від серцево-судинної патології зафіксовані при дозах 0,05–0,09 Гр ($7,05 \pm 0,16$ на 1000 люд.-років), а найвищі показники хронічної ІХС — у підгрупі 40–60 років при дозі $\leq 0,049$ Гр ($11,09 \pm 0,96$) та у віці 18–39 — при дозі 0,05–0,099 Гр ($3,25 \pm 0,11$) [21]. Рівень смертності УЛНА суттєво перевищує аналогічні показники серед евакуйованих.

Метааналізи підтверджують зростання ризику смерті від серцево-судинних захворювань у дозовому діапазоні понад 500 мГр [20, 23], але сучасні дослідження фіксують ефекти і при нижчих дозах [1], зокрема:

- когнітивна дисфункція при 100+ мГр;
- ІХС при 150+ мГр;
- ХОЗЛ при 500+ мГр (зовнішнє та внутрішнє інгаляційне опромінення).

У регіонах з підвищеним забрудненням ^{131}I (середні дози на ЩЗ >35 мЗв) виявлено вищу захворюваність серед чоловіків і жінок порівняно з іншими областями (<35 мЗв).

Українсько-американське офтальмологічне дослідження ($n = 8000$) продемонструвало дозозалежну асоціацію між опроміненням $<0,5$ Гр і розвитком катаракти та макулопатії у ліквідаторів, що зумовило перегляд міжнародних нормативів: ICRP знизила ліміт для професійного опромінення кришталика до 20 мГр [24, 25].

Очікувані медичні наслідки для УЛНА й евакуйованих з Прип'яті включають:

- зростання захворюваності на рак щитоподібної та молочної залози, легень, множинну мієлому;
- зниження радіаційного ризику лейкемії;
- подальше зростання смертності від серцево-цереброваскулярної патології;
- дозозалежні когнітивні порушення, особливо в старших вікових групах.

Таким чином, через 40 років після Чорнобильської катастрофи основні медико-біологічні наслідки продовжують проявлятися у вигляді підвищеної захворюваності й смертності від непухлинних соматичних захворювань, переважно серцево-судинної, цереброваскулярної та респіраторної патології, а також стійкого перевищення онкологічної захворюваності в окремих когортах постраждалих, передусім серед учасників ліквідації. На тлі тривалого впливу низьких доз і внутрішнього опромінення, багаторічні епідеміологічні дані свідчать про істотний внесок радіаційного чинника у формування хронічної багатокомпонентної патології, що супроводжується раннім старінням, втратою працездатності та зростанням смертності. Стан здоров'я більшості постраждалих залишається незадовільним, що потребує збереження медичного моніторингу, цілеспрямованих заходів радіаційного захисту та науково обґрунтованої державної політики у сфері мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи.

ВИСНОВКИ

У віддаленому післяаварійному періоді медичні наслідки Чорнобильської катастрофи формуються переважно за рахунок хронічної непухлинної патології, зокрема захворювань серцево-судинної, цереброваскулярної, респіраторної та ендокринної систем. Саме ці хвороби становлять основу зростання інвалідності та смертності у постраждалих групах, зокрема серед УЛНА. Високі показники захворюваності на

онкологічну та онкогематологічну патологію (рак ШЗ, рак молочної залози, лейкемії, лімфоми) підтверджують тривалий стохастичний ефект дії іонізуючого випромінювання, з вираженими дозозалежними характеристиками.

За період 2008–2024 років зафіксоване значне зростання смертності та паралельне скорочення чисельності постраждалих контингентів, передусім серед УЛНА. Загальний стан здоров'я більшості постраждалих слід кваліфікувати як незадовільний: понад 95% УЛНА і 85% евакуйованих мають від трьох до п'яти хронічних соматичних захворювань. Виявлені чіткі зв'язки між дозовим навантаженням і розвитком кардіо- та цереброваскулярної патології, ХОЗЛ, когнітивних порушень, патології очей, включаючи катаракту та вікову макулодистрофію. В окремих випадках ефекти простежуються вже при дозах, нижчих за 0,5 Гр, що обумовило перегляд міжнародних дозових лімітів для професійного опромінення.

Епідеміологічні дані підтверджують стійке перевищення рівнів захворюваності на рак щитоподібної залози серед УЛНА (у 4,4 раза), евакуйованих (у 4 рази) та мешканців забруднених територій (у 1,3 раза). У жінок-ліквідаторів ризик захворюваності на рак молочної залози перевищує очікуваний рівень у 1,6 раза. Вищі показники онкопатології також фіксуються в регіонах із середньообласними дозами на ШЗ понад 35 мЗв.

Річне дозове навантаження населення радіоактивно забруднених територій нині переважно формується за рахунок внутрішнього опромінення від ^{137}Cs з продуктів локального виробництва та природного походження. У структурі надходження радіонуклідів домінують молоко, гриби та ягоди, тоді як внесок ^{90}Sr залишається незначним. У перші п'ять років після аварії було накопичено до 65% сумарної дози, у п'ятнадцятирічному періоді — близько 80%, тоді як частка за останні два десятиліття не перевищує 20%, що відображає еволюцію радіаційного навантаження з переважанням раннього післяаварійного етапу.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У контексті зростання хронічної захворюваності та смертності серед постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи, необхідним залишається науково обґрунтоване оновлення системи медичного і соціального забезпечення з фокусом на найбільш уразливі контингенти. Потребує відновлення комплексна державна

програма подолання наслідків катастрофи з належним бюджетним фінансуванням.

Пріоритетним завданням є проведення доказової прозорої загальнодозиметричної паспортизації населених пунктів для об'єктивної оцінки поточного стану територій та ухвалення рішень щодо зняття обмежень або збереження протирадіаційних заходів. Контроль доз внутрішнього опромінення населення повинен залишатися складовою постійного нагляду.

Необхідно зберегти стабільну систему моніторингу радіаційної безпеки у ближній зоні ЧАЕС, зокрема на об'єктах НБК, «Вектор» та пунктах тимчасової локалізації РАВ. Розвиток і трансформація Державного реєстру постраждалих осіб у повноцінний аналітичний інструмент також потребують належної уваги.

З огляду на латентність онкопатології, слід зосередити скринінг і діагностику не лише на патології щитоподібної та молочної залоз, онкогематологічних захворюваннях, а й на солідних пухлинах (легені, шлунково-кишковий тракт, сечостатева система). Окрему увагу слід приділяти тим, хто зазнав опромінення в дитячому віці.

Для зниження онкологічної захворюваності необхідне впровадження програм раннього виявлення та лікування передракових станів. Також актуальними залишаються дослідження катаракти, патології макули та судин сітківки у ліквідаторів із дозовими навантаженнями понад 0,25 Гр, із подальшим удосконаленням методів їх лікування.

REFERENCES

1. Trydtsiat piat rokiv Chornobylskoi katastrofy: radiolohichni ta medychni naslidky, stratehii zakhystu ta vidrodzhennia: Natsionalna dopovid Ukrainy [Thirty-five years of the Chernobyl catastrophe: radiological and medical consequences, strategies of protection and revival: National Report of Ukraine]. Eds Bazyka DA. (chief editor), Tronko MD, Antypkin YG, Sushko VO. Kyiv, 2022. 286 p. URL: https://nrcrm.gov.ua/downloads/2021/national_report_2021.pdf. In Ukrainian.
2. Cardis E, Hatch M. The Chernobyl accident-an epidemiological perspective. *Clin Oncol (R Coll Radiol)*. 2011 May;23(4):251–60. doi: 10.1016/j.clon.2011.01.510.
3. Sushko VO, Kolosynska OO, Apostolova OV. Structure and characteristics of the Chernobyl NPP accident survivors reasons of death according to the materials of medical expertise for the causal relationship of diseases with the effect of ionizing radiation in the remote postaccidental period (2024 year). *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2024;29:419–24. English, Ukrainian. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-419-424. In English, in Ukrainian.

4. Zakon Ukrainy vid 28 liutoho 1991 r. № 796-XII «Pro status i sotsialnyi zakhyst hromadian, yaki postrazhdaly vnaslidok Chornobylskoi katastrofy». [Ukraine. Law of Ukraine No. 796-XII of 28 Feb 1991. «On the status and social protection of citizens who suffered as a result of the Chernobyl catastrophe»]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12#Text>. In Ukrainian.
5. Likhtarov LA, Kovgan LM, Tabachnyi LYa, et al. Radiatsiino-dozymetrychna pasportyzatsiia naselenykh punktiv terytorii Ukrainy, shcho postrazhdaly vid radioaktyvnoho zabrudnennia vnaslidok Chornobylskoi avarii, vkliuchaiuchy dozymetrychnu pasportyzatsiiu shchytovydnoi zalozy. Instruksii ta praktychni rekomendatsii: «Metodyka-96». [Radiation and dosimetric passportization of the settlements of Ukrainian territory which suffered from radioactive contamination as a consequence of the Chernobyl accident, including thyroid dosimetric passportization. Instructions and practical policies: «Methods-96»]. Ministry of Health of Ukraine, Ministry of Affairs of Population Protection from the Consequences of Chernobyl Catastrophe of Ukraine, RCRM AMS of Ukraine, RPI ATS of Ukraine. Kyiv; 1996. 74 p. In Ukrainian.
6. Zahalna dozymetrychna pasportyzatsiia ta rezultaty monitorynhu leukotsytiv u naselenykh punktakh Ukrainy, zabrudnennykh vnaslidok Chornobylskoi avarii. Dani za 2011 rik. Zbirnyk 14. [General dosimetric passportization and results of WBC monitoring in the settlements of Ukraine, which contaminated by Chernobyl accident. Data for 2011. Collection 14]. Kyiv; 2012. 99 p. In Ukrainian.
7. Zahalna dozymetrychna pasportyzatsiia ta rezultaty monitorynhu leukotsytiv u naselenykh punktakh Ukrainy, zabrudnennykh vnaslidok Chornobylskoi avarii. Dani za 2012 rik. Zbirnyk 15. [General dosimetric passportization and results of WBC monitoring in the settlements of Ukraine, which contaminated by Chernobyl accident. Data for 2012. Collection 15]. Kyiv; 2013. 33 p. In Ukrainian.
8. Bazyka DA, Sushko VO, Ivanova OM, Vasylenko VV, Bilynyk AB, Fedosenko GV, Buderatska VB, Boiko ZN, Chepurny MI, Kuriata MS, Morozov VV, Gorbachov SG, Masiuk SV. On the methodology of passport doses calculation for Ukrainian settlements radioactively contaminated due to the Chernobyl NPP accident. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2023;28:110–42. In English, in Ukrainian. doi: 10.33145/2304-8336-2023-28-110-142.
9. Masiuk SV, Vasylenko VV. Kompleksna dozymetrychna pasportyzatsiia naselenykh punktiv Ukrainy. Cherez trydtsiat piat rokov Chornobylskoi katastrofy: radiolohichni ta medychni naslidky, stratehii zakhystu ta vidrozhennia: Natsionalna dopovid Ukrainy [Integrated dosimetric passportization of settlements of Ukraine. In *Thirtyfive years of the Chernobyl catastrophe: radiological and medical consequences, strategies of protection and revival: National Report of Ukraine*. Kyiv, 2022:8–12. In Ukrainian.
10. Buzunov V, Fedirko P. Ophthalmopathology in victims of the Chernobyl catastrophe — results of a clinical epidemiological study. In: Junk AK, Kundiev Y, Vitte P, Worgul BV, editors. *Ocular radiation risk assessment in populations exposed to environmental radiation contamination*. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers. 1999:57–67.
11. Bazyka DA, Prysyzhnyu AP. Onkolohichni naslidky Chornobylskoi katastrofy u viddalenyi 35-richnyi pisliavariiniy period. [Oncological effects of the Chernobyl catastrophe in the remote 35-year post-accident period]. *Journal of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine.* 2021;27(2):133–9. doi.org/10.37621/JNAMSU-2021-2-7.
12. Bazyka DA, Prysyzhnyuk AY, Gudzenko NA, et al. Viddaleni onkolohichni naslidky radiatsiinoho oprominnennia, sprychynenoho avariei na Chornobylskii AES [Late oncological aftereffects of radiation exposure caused by the Chernobyl accident]. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2022;27:138–49. doi:10.33145/2304-8336-2022-27-138-149. In Ukrainian.
13. Prysyzhnyuk AY, Gudzenko NA, Fuzik MM, Trotsiuk NK, Babkina NG, Khukhrianska OM. Epidemiolohichne doslidzhennia formuvannia ryzykiv zloiakisnykh novoutvoren u hrupakh postrazhdalyykh vid avarii na Chornobylskii atomnii elektrostantsii (1990–2019). Zvit pro naukovo-doslidnu robotu. [Epidemiological study of the formation of risks of malignant neoplasms in groups of victims of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant (1990–2019)] [Report on research work]. # 0119U100525; 2019–2021. Manuscript. 148 p. In Ukrainian.
14. Romanenko AY, Finch SC, Hatch M, Lubin JH, Bebesko VG, Bazyka DA, et al. The Ukrainian-American study of Leukaemia and related disorders among Chernobyl cleanup workers from Ukraine: III. Radiation risks. *Radiat Res.* 2008;170:711–20. doi: 10.1667/RR1404.1.
15. Gudzenko N, Hatch M, Bazyka D, Dyagil I, Reiss RF, Brenner A, et al. Non-radiation risk factors for Leukaemia: A case-control study among Chernobyl cleanup workers in Ukraine. *Environ Res.* 2015;140:72–6. doi: 10.1016/j.envres.2015.06.019.
16. Zablotska L, Bazyka D, Lubin JH, Gudzenko N, Little MP, Hatch M, et al. Radiation and the risk of chronic lymphocytic and other Leukaemias among Chernobyl cleanup workers. *Environ Health Persp.* 2013;121(1):59–65. doi: 10.1289/ehp.1204996.
17. Gudzenko N, Mabuchi K, Brenner AV, Little MP, Hatch M, Drozdovitch V, Vij V, Chumak V, Bakhanova E, Trotsyuk N, Kryuchkov V, Golovanov I, Bazyka D, Cahoon EK. Risk of thyroid cancer in Ukrainian cleanup workers following the Chernobyl accident. *Eur J Epidemiol.* 2022 Jan;37(1):67–77. doi: 10.1007/s10654-021-00822-9.
18. Prysyzhnyuk A, Pyatak O, Buzunov V, Reeves GK, Beral V. Cancer in the Ukraine post Chernobyl. *Lancet.* 1991;338:23. doi: 10.1016/01406736(91)9263-c.
19. Bazyka D, Sushko V, Chumak A, Chumak V, Yanovych L, editors. *Naslidky Chornobylskoi avarii dlia zdorovia — trydtsiat rokov pislia nei [Health effects of the Chernobyl accident — thirty years aftermath]*. Kyiv: DIA; 2016:524 p.
20. Little MP, Bazyka D, Berrington de González A, Brenner AV, Chumak VV, et al. A historical survey of key epidemiological studies of ionizing radiation exposure. *Radiat Res.* 2024 Aug 1;202(2):432–87. doi: 10.1667/RADE-24-00021.1.
21. Fedirko PA, Babenko TF, Kapustinska OA, Belyaev YM, Tereshchenko SO, Dorichevska RY. Rivni ta vidnosni ryzyky smertnosti uchasnykiv likvidatsii naslidkiv Chornobylskoi AES u 1986–1987 rokakh vid osnov-

- nykh nepukhlynnnykh zakhvoriuvan (period sposterezhennia 1988–2021) [Levels and relative risks of mortality of Chernobyl clean-up workers in 1986–1987 years from main non-neoplastic diseases (observation period 1988–2021)]. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2024 Dec;(29):182–98. In Ukrainian. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-182-198.
22. Gunko NV, Fedirko PA, Tereshchenko SA, Korotkova NV, Kortushin GI, Gubina IG, Dubova OS. Retrospektyvne doslidzhennia smertnosti uchasnykiv likvidatsii naslidkiv avarii na Chornobylskii AES vnaslidok travm, otruien ta deiakykh inshykh naslidkiv zovnishnikh prychn (2000–2020 rr.). [A retrospective study of deaths among participants in the liquidation of the consequences of the accident at the Chernobyl NPP due to injury, poisoning and certain other consequences of external causes (2000–2020)]. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2024 Dec;(29):92–114. In Ukrainian. doi: 10.33145/2304-8336-2024-29-92-114.
23. Little MP, Azizova TV, Richardson DB, Tapio S, Bernier MO, et al. Ionising radiation and cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ*. 2023 Mar 8;380:e072924. doi: 10.1136/bmj-2022-072924.
24. Babenko TF, Fedirko PA, Dorichevska RY, Denysenko NV, Samoteikina LA, Tyshchenko OP. Ryzyk rozvytku makuliarnoi deheneratsii u osib, oprominykh prenatalnomu periodu vnaslidok avarii na Chornobylskii AES. [The risk of macular degeneration development in persons antenatally irradiated as a result of Chernobyl NPP accident]. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2016 Dec;21:172–7. In Ukrainian.
25. Buzunov V, Fedirko P. Ophthalmopathology in victims of the Chernobyl catastrophe — results of a clinical epidemiological study. In: Junk AK, Kundiev Y, Vitte P, Worgul BV, editors. Ocular radiation risk assessment in populations exposed to environmental radiation contamination. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers; 1999:57–67.

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

СУШКО Віктор — адміністрування проєкту, спостереження, концептуалізація, методологія, валідація, формальний аналіз, дослідження, ресурси, курація даних, візуалізація, написання — оригінальний проєкт, написання — перегляд та редагування. ORCID 0000-0001-6893-8642.

КОЛОСИНЬСКА Олена — концептуалізація, методологія, валідація, формальний аналіз, дослідження, ресурси, курація даних, візуалізація, написання — оригінальний проєкт, написання — перегляд та редагування. ORCID 0000-0002-2018-3380.

ВДОВЕНКО Віталій — концептуалізація, методологія, валідація, формальний аналіз, дослідження, ресурси, курація даних, візуалізація, написання — оригінальний проєкт, написання — перегляд та редагування. ORCID 0000-0002-4519-8108.

SOURCES OF FUNDING

The study has no external sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of a conflict of interest.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS AND THEIR CONTRIBUTION

SUSHKO Victor — project administration, supervision, conceptualization, methodology, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, visualization, original draft preparation writing — review and editing. ORCID 0000-0001-6893-8642.

KOLOSYNKA Olena — conceptualization, methodology, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, visualization, original draft preparation writing — review and editing. ORCID 0000-0002-2018-3380.

VDOVENKO Vitalii — conceptualization, methodology, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, visualization, original draft preparation writing — review and editing. ORCID 0000-0002-4519-8108.



ВДОВЕНКО Віталій: 03115, м. Київ, проспект Берестейський, 119, 121.
Тел.: +38 050 385 2132; e-mail: xrisk06@yahoo.com.

VDOVENKO Vitalii: 119, 121 Beresteysky Avenue, Kyiv 03115.
Phone: +38 050 385 2132; e-mail: xrisk06@yahoo.com.