



УДК 616-006.6:616.155.392+618.19+616.441:616-001.28

«Журнал НАМН України» | 2021 | т. 27 | № 2 | С. 133–139

<https://doi.org/10.37621/JNAMSU-2021-2-7>

Онкологічні ефекти Чорнобильської катастрофи у віддаленому 35-річному післяаварійному періоді

Д. А. Базика, А. Є. Присяжнюк 

ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Іллєнка, 53, Київ 04050, Україна

Дослідження, виконані в Україні щодо віддалених онкологічних наслідків Чорнобильської катастрофи, свідчать про істотний вплив радіаційного післяаварійного опромінення на рівень захворюваності на злоякісні новоутворення постраждалих контингентів населення. Про це свідчить підвищений радіаційний ризик лейкемії у ліквідаторів, який перевищує національні популяційні показники і його величина порівнянна з даними щодо хібакуся, які зазнали атомних бомбардувань. Вперше в цій когорті встановлено радіаційну зумовленість хронічної лімфоїдної лейкемії. Існують радіаційні ризики лейкемії у дітей, що підпали під Чорнобильську експозицію. Констатовано зростання захворюваності на рак щитоподібної залози, не тільки дітей, але й дорослих: ліквідаторів, евакуйованих з 30-км зони і мешканців забруднених радіонуклідами територій. Має місце ексцес раку молочної залози у жінок-ліквідаторів. Частота усіх форм злоякісних новоутворень порівняно з національними показниками із плином часу знижується, але все ще їх перевищує. Очікується, що подальший моніторинг злоякісних новоутворень у групах постраждалих дозволить кількісно визначити радіаційні ризики вже відомих з попередніх досліджень форм онкологічних захворювань та тих, радіаційно-асоційований прояв яких може очікуватись у майбутньому.

Ключові слова: Чорнобильська катастрофа, постраждалі, злоякісні новоутворення, лейкемія, рак молочної залози, рак щитоподібної залози.

Oncological effects of the Chornobyl disaster in the remote 35-year post-accident period

**Dimitry A. Bazyka,
Anatolii Ye. Prysyazhnyuk** 

SI “National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, 53 Yuriia Illienka St., Kyiv 04050, Ukraine

Studies conducted in Ukraine on the long-term oncological consequences of the Chornobyl disaster indicate a significant impact of radiation after an emergency exposure on the incidence of malignant neoplasms of the affected population. This is evidenced by the increased radiation risk of leukemia in liquidators, which exceeds the national population level and its value is comparable to the data on atomic bomb survivors. For the first time in this cohort the radiation dependence of chronic lymphoid leukemia was established. There are radiation risks of leukemia in children exposed to the Chornobyl exposure. There is an increase in the incidence of thyroid cancer not only in children but also in adults: liquidators, evacuated from 30-km zones and inhabitants of areas contaminated with radionuclides. There is an excess of breast cancer in women-liquidators. The incidence of all forms of malignancy compared to national rates decreases over time, but still exceeds them. It is expected that further monitoring of malignant neoplasms in the groups of victims will allow to quantify the radiation risks of already known from previous studies of forms of cancer and those whose radiation-associated manifestation can be expected in the future.

Key words: Chornobyl catastrophe, victims, malignant neoplasms, leukemia, breast cancer, thyroid cancer.

Для цитування: Бази́ка ДА, Присяжнюк АЄ. Онкологічні ефекти Чорнобильської катастрофи у віддаленому 35-річному післяаварійному періоді. Журнал Національної академії медичних наук України. 2021;27(2):133–139. <https://doi.org/10.37621/JNAMSU-2021-2-7>

For citation: Bazyka DA, Prisyazhnyuk AYe. Oncological effects of the Chernobyl disaster in the remote 35-year post-accident period. Journal of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine. 2021;27(2):133–139. <https://doi.org/10.37621/JNAMSU-2021-2-7>

Стаття надійшла до редакції 23.07.2021 року
Направлена на рецензування 26.07.2021 року
Прийнята до друку 30.07.2021 року

The article was received 23.07.2021
For review, 26.07.2021
Accepted for publication on 30.07.2021



ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Бази́ка Дмитрій Анатолійович – д. м. н., проф., академік НАМН України, генеральний директор ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», Київ, Україна, *ORCID: 0000-0001-9982-5990*;

Присяжнюк Анатолій Євтихійович – д. м. н., проф., завідувач лабораторії епідеміології раку, ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», Київ, Україна.



INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dimitry A. Bazyka – Dr Sci. (Medicine), Prof., Academician of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Director General of the State Institution "National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, *ORCID: 0000-0001-9982-5990*;

Anatolii Ye. Prisyazhnyuk – Dr Sci. (Medicine), Prof., Head of the laboratory of cancer epidemiology, State Institution "National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine.

Anatolii Ye. Prisyazhnyuk 
anaprys@i.ua

14 квітня 2021 р. у Києві відбулись Загальні збори Національної академії медичних наук України з міжнародною участю «Тридцять п'ять років Чорнобильської катастрофи: існуючі та майбутні дослідження радіологічних та медичних наслідків» [1]. Основна мета наукового заходу – аналіз 35-річного досвіду досліджень наслідків Чорнобильської аварії, визначення пріоритетів в подальших наукових напрямках і стратегії на майбутнє. Обговорювались віддалені наслідки впливу факторів аварії на стан здоров'я та захворюваність постраждалих. Один із ключових розділів програми склали результати досліджень стохастичних ефектів, які включають захворювання на злоякісні новоутворення. У доповідях науковців приведені дані про радіаційні ризики різних форм раку та лейкоїд за результатами дескриптивних, екологічних і аналітичних досліджень. Привертає увагу збільшення в останні роки аналітичних форм досліджень. Зважаючи на їхню значну працевдатність та вартість їх виконання, національними установами заохочувались зарубіжні науковці, за допомогою яких залучались кошти міжнародних організацій та фондів інших країн.

Увагу учасників зборів привернула доповідь секретаря Наукового комітету з дії атомної радіації Організації Об'єднаних Націй (НКДАР ООН) Борислави Батанджиевої: «Overview of UNSCEAR evaluation of radiological

consequences of the Chernobyl accident»¹. У доповіді представлені оновлені дані щодо діяльності НКДАР ООН. У цій установі представлені 27 країн-членів. Україна отримала членство у 2011 р. У доповіді підсумовані результати досліджень Чорнобильських досліджень у трьох найбільш постраждалих країнах – Україні, Білорусі та Росії. Вказано, що внаслідок Чорнобильської аварії вивільнилось близько 14×10^{18} Бк радіоактивності. При цьому найбільш поширеними радіонуклідами були ¹³¹I та ¹³⁷Cs. У 1986 р. із 30-км зони було евакуйовано 116 000 осіб. У загальному підсумку евакуйовано або переселено 340 000 осіб. На більш ніж 200 000 км² забруднених радіонуклідами територіях проживають 6 000 000 осіб. 134 члени персоналу ЧАЕС та працівники з ліквідації аварійних наслідків зазнали радіаційного опромінення у високих дозах, що призвело до їх захворювання на гостру променеву хворобу (ГПХ), 28 опромінених померли. До 2006 р. з різних причин та зазвичай не пов'язаних із опроміненням померло 19 осіб із ГПХ. Окрім групи з 600 працівників, які були залучені до аварійних робіт на момент гострого періоду аварії на ЧАЕС, 530 000 брали участь у ліквідації наслідків аварії

¹ Batandjjeva B. Overview of UNSCEAR evaluation of radiological consequences of the Chernobyl accident.

URL: <http://amnu.gov.ua/zagalni-zbory-namn-ukrayiny-z-mizhnarodnoy-uchastyu-trydcyat-p-yat-rokiv-chornobylskoyi-katastrofy-isnuyuchi-ta-majbutni-doslidzhennya-radiologichnyh-ta-medychnyh-naslidkiv/>. (17:48).

пізніше, до 1990 р. включно. Привертають увагу та викликають подив висновки доповідача, що за винятком лейкемії та катаракти у осіб, які отримали високі дози опромінення, немає ознак впливу на здоров'я, притаманного радіаційній експозиції.

Значне забруднення молока ^{131}I та його вживання, призвело до негативних наслідків, що проявились у виникненні в період до 2016 р. 19 000 захворювань на рак щитоподібної залози (РЩЗ) у осіб, які на момент аварії були дітьми або підлітками. Середні дози на щитоподібну залозу у евакуйованих склали 490 мГр, а у мешканців забруднених радіонуклідами територій – 102 мГр. У 98 млн населення трьох країн середня доза на щитоподібну залозу складала 16 мГр.

Отримана за рахунок аварії на ЧАЕС колективна доза опромінення становить 400 000 люд.-Зв (людино-зіверт). Інші радіаційні аварії спричинили опромінення населення в діапазоні значно нижчих колективних доз: у 1957 р. Киштимська аварія – 1 200 люд.-Зв, Віндскейлська аварія – 2 000 люд.-Зв. Тільки аварія на АЕС у Фукусімі призвела до колективної дози опромінення, яку можна наближено порівнювати з Чорнобильським опроміненням: у 2011 р. – 48 000 люд.-Зв, у 2020 р. – 32 000 люд.-Зв. Загалом наслідки аварії на Фукусімі становлять 10 % у порівнянні з негативними наслідками аварії на ЧАЕС. Найбільші дози опромінення отримали працівники, залучені до аварійних і відновлювальних робіт. Доповідь віддзеркалює результати оцінок експертів НКДАР ООН, що пов'язують зростання частоти випадків РЩЗ після аварії на Фукусімі не з дією опромінення, а з впровадженням скринінгових програм. Це дозволило виявляти ранні форми захворювання, що ще не мають клінічних проявів. Підсумовуючи свій виступ, автор дійшла до висновку, що результатами опромінення чорнобильського походження є РЩЗ в осіб, які були опромінені у дитячому та підлітковому віці, а також лейкемії і радіаційні катаракти в когорті ліквідаторів. Вказана точка зору викликає бурхливу полеміку, оскільки не ґрунтується на аналізі всього масиву отриманих наукових даних.

У нашій доповіді «Епідеміологічні та молекулярні ефекти малих доз радіації. Ефекти в учасників ліквідації наслідків аварії»² було представлено більше фактів, що свідчать про істотно значущі віддалені наслідки чорнобильського опромінення. Представлені результати досліджень віддалених ефектів опромінення експонованих когорт – ліквідаторів, евакуйованих, мешканців найбільш забруднених радіонуклідами територій. Вони включають результати дескриптивних досліджень медичних наслідків радіаційного опромінення ліквідаторів, евакуйованих та мешканців забруднених радіонуклідами територій в умовах експозиції до малих доз, а також результати досліджень радіаційних ризиків ліквідаторів, які отримали високі експозиційні дози. Окремо виділена когорта осіб із ГПХ. Через високі показники смертності число хворих

цього профілю неухильно скорочується [2]. Якщо у 1986–1991 рр. під диспансерним наглядом перебувало 179 осіб, то в 2002–2014 рр. – 105. Із 65 померлих причиною смерті у 25 (38,5 %) були кардіоваскулярні захворювання, а у 23 (35,4 %) злякисні новоутворення. Впадає в очі різниця у показниках питомої ваги причин смерті в популяції України та у групі ГПХ. Відмічено більш високий показник смерті від раку у пацієнтів з ГПХ (35,4 %) порівняно із загальною популяцією України – 14,0 %.

Лейкемії та лімфоми привертають до себе особливу увагу, зважаючи на високу чутливість до радіаційного канцерогенезу органів кровотворення та короткий латентний період їх розвитку після опромінення. ННЦРМ НАМН України разом із Національним інститутом раку США проводили довгострокове дослідження зразка «випадок–контроль» ризиків лейкемії у когорті 110 645 чоловіків–ліквідаторів Чорнобильської аварії. Завдяки спеціальній дозиметричній експертизі RADRUE (Realistic Analytical Dose Reconstruction with Uncertainty Estimation), оцінені дози опромінення в групі випадків – 132,3 мГр та контролів – 81,8 мГр. Це ретроспективне аналітичне епідеміологічне дослідження дозволило визначити значення надлишкового відносного ризику розвитку лейкемій на одиницю дози опромінення – ERR/Гр = 3,44 (95 % ДІ: 0,47–9,78, $p < 0,01$) в період 1986–2000 рр. [3], а також зниження величини цього показника з плином часу до рівня 2,38/Гр (ДІ: 0,49–5,87), $p < 0,004$ [4]. Як свідчить дана публікація, вперше визначено достовірний лінійний характер відповіді доза–ефект, як для групи лейкемій не-ХЛЛ ERR/Гр = 2,21 (95 % ДІ: 0,05–7,61), так і суто для ХЛЛ ERR/Гр = 2,58; (95 % ДІ: 0,02–8,43). Ризики мієлоїдних форм лейкемії були такі самі, як ризики хронічної лімфоїдної лейкемії (ХЛЛ). Встановлено, що приблизно 16 % всіх випадків лейкемії, діагностованих серед учасників ЛНА протягом 20 років після катастрофи, були зумовлені опроміненням внаслідок Чорнобильської аварії.

У російських ліквідаторів [5] показник надлишкового відносного ризику впродовж 1986–1997 рр. становив 4,98/Гр (95 % ДІ: 0,59–14,47), а у 1998–2007 рр. мав від'ємне значення – мінус 1,64/Гр (95 % ДІ: (–2,55)–(–0,57)). Результати досліджень двох згаданих когорт (української та російської) підтверджують висновки, отримані на основі вивчення віддалених наслідків опромінення японської когорти: з плином часу відбувається зниження ризику лейкемії, зумовлене отриманими дозами опромінення. Довгострокове дослідження [6] японської когорти (LSS) впродовж 1950–2001 рр. демонструє існування достовірного надлишкового відносного ризику (excess relative risk per Gy, ERR/Gy) лейкемії, який склав 4,7/Гр (95 % ДІ: 3,3–6,5). Дослідження [7], проведене над об'єднаною когортою ліквідаторів з Росії, Білорусі та країн Балтії впродовж 1990–2000 рр., розрахувало цей показник ERR, рівний 5,0/Гр (95 % ДІ: (–3,8)–5,7), тобто, достовірність цієї величини відсутня. Аналізуючи причини розходжень у визначенні ступеня достовірності показників ліквідаторів Росії, Білорусі та країн Балтії у порівнянні з японською когортою, слід зважати на суттєві відмінності у розмірах когорти, які забезпечують потужність дослідження, та істотні відмінності у дозах опромінення досліджуваних контингентів.

² Bazyka DF, Prysazhnyuk AYе. Epidemiological and molecular effects of the low doses of radiation. Effects among the clean-up workers. URL: <http://amnu.gov.ua/zagalni-zbory-namn-ukrayiny-z-mizhnarodnoy-uchastyu-trydchat-p-yat-rokiv-chornobylskoyi-katastrofy-isnyuyuchi-ta-majbutni-doslidzhennya-radiologichnyh-ta-medychnyh-naslidkiv/>. (39:35).

В українському дослідженні [8] вивчена захворюваність на ХЛЛ когорти 110 645 (збільшеної пізніше до 152 520) українських учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС (чоловіків), які зазнали опромінення впродовж 1986–1990 рр. Стандартизовані показники захворюваності розраховані та проаналізовані протягом наступного 27-річного періоду спостереження. Значне перевищення захворюваності на ХЛЛ мало місце впродовж усього досліджуваного періоду 1987–2012 рр., з більш помітними надлишковими показниками у найближчі до аварії роки (1987–1996 рр.), коли стандартне значення коефіцієнта захворюваності (standardized incidence ratio, SIR) оцінювалось у 3,61 (95 % ДІ: 2,32–4,91). У 2007–2012 рр. захворюваність на ХЛЛ значно зменшилася, проте все ще перевищила, хоча й несуттєво, національний рівень.

Велику увагу привертають результати досліджень частоти лейкемії у дітей після аварії на ЧАЕС. Раніше виконані дослідження на окремих, територіально розрізаних контингентах через їхню недостатню потужність не вказували на ексцес лейкемії в цій віковій групі постраждалих [9]. Об'єднання баз даних досліджуваних груп забезпечило достатню потужність, що демонстрована 1 085 випадками лейкемії та її окремих форм серед дитячого населення (1–19 років) [10]. Дослідження охоплює чотири області України (Житомирська, Київська, Чернігівська, Сумська), з порівнянням доаварійного (1980–1986 рр.) та післяаварійного чорнобильського (1987–2000 рр.) періодів. Слід зазначити, що в даній роботі враховано рівень радіоактивного забруднення досліджуваних територій. У післяаварійний період на більш забруднених радіонуклідами територіях, порівняно з менш забрудненими, виявлено статистично значущий підвищений відносний ризик розвитку сумарно всіх нозологічних форм лейкемії, а також лейкемії без визначеної зрілості клітин (I), мієлоїдної та гострої лейкемії. Отримані результати свідчать про те, що радіаційне опромінення після Чорнобильської катастрофи може бути причиною збільшення частоти дитячої лейкемії (і деяких її видів).

Серед радіаційно-зумовлених захворювань привертає значну увагу РЩЗ, частота якого в групах постраждалих вища за середні показники в Україні за результатами SIR аналізу даних популяційних реєстрів [11]. Захворюваність на цю патологію в учасників ліквідації аварії на ЧАЕС у 1994–2018 рр. була у 4,4 раза вища очікуваного рівня, в евакуйованих – у 3,9 раза, мешканців радіоактивно забруднених територій – в 1,3 раза.

Дослідження медичних наслідків опромінення населення внаслідок випадань радіоактивного йоду (^{131}I) стали актуальними після 1957 р., коли через радіаційну аварію реактора Wind Scale у Великій Британії опади цього ізотопу оцінено у 20 000 Кюрі (Ки). Більш суттєвими були випадання радіоїоду внаслідок технологічної аварії реактора у процесі виробництва плутонію на підприємстві Handford, штат Вашингтон (США) – 690 000 Ки. Але найбільш драматичними були його випадання внаслідок аварії на ЧАЕС у 1986 р. Їх оцінено у 40 000 000–50 000 000 Ки. Ядерна аварія на Фукусімі (2011 р.) спричинила у 10 разів менші випадання радіоїоду – 4 000 000–5 000 000 Ки. Слід

зазначити, що в прилеглих до Чорнобилью 6 областях України впродовж 26.04–7.05.1986 р. відмічені найбільш суттєві випадання цього елементу. Середньообласне значення випадання ^{131}I становило: у Київській області 2,02 кБк/м², Житомирській – 1,01; Рівненській – 0,62; м. Києві – 0,45; Черкаській – 0,39; Чернігівській – 0,22 кБк/м².

Дослідження [12] було присвячено порівняльному аналізу активності ^{131}I у щитоподібній залозі, виміряній каліброваними та неперевіреними приладами. В результаті були отримані нові оцінки значення активності ^{131}I у щитоподібній залозі. В середньому у Вінницькій, Київській, Львівській, Чернігівській областях та в м. Києві було встановлено, що переглянуті значення активності ^{131}I у щитоподібній залозі були на 10–25 % вищими, ніж повідомлялося раніше, тоді як у Житомирській області аналізовані значення були нижчими приблизно на 50 %. Зважаючи на приведені оцінки, дослідження радіаційних наслідків опромінення щитоподібної залози становлять надзвичайно важливе завдання. Серед вікових груп постраждалого населення значну увагу привертають діти та підлітки, щитоподібна залоза яких найбільш чутлива до впливу радіоактивного йоду. Тронько М. Д. зі співавторами представили на зборах НАМН України доповідь на дану тему: «Тиреоїдний рак в Україні після Чорнобильської катастрофи: підсумки досягнутого та стратегія подальших досліджень»³. У рамках Українсько-Американського проекту щодо ризику РЩЗ започатковано довгостроковий скринінговий моніторинг когорти з 13 243 осіб, вік яких на момент аварії не перевищував 19 років. У результаті першого етапу дослідження впродовж 1998–2000 рр., виявлено 45 випадків цієї пухлини при очікуваному числі 11,2. Розрахований показник ERR/Гр становив 5,25 (95 % ДІ: 1,70–27,5) [13]. Впродовж 2–4 етапів скринінгу (2001–2008 рр.) виявлено 65 випадків РЩЗ [14]. Результати ризику виражаються показниками ERR/Гр = 1,91 (95 % ДІ: 0,43–6,34) та надлишкового абсолютного ризику (excess absolute risk per 10⁴ person-years-Gy, EAR/10⁴ PY Gy) EAR/10⁴ людино-років/Гр = 2,21 (95 % ДІ: 0,04–5,78). Нарешті, п'ятий етап [15] скринінгу (2012–2015 рр.) дозволив визначити показник співвідношення надлишкового шансу – EOR/Гр = 1,36 (95 % ДІ: 0,39–4,15). Наведені результати дали підставу для висновку про існування ексцесу РЩЗ після експозиції до радіоїоду під час аварії на ЧАЕС впродовж трьох десятиліть. Встановлена лінійна залежність поміж дозою експозиції до ^{131}I та ризиком РЩЗ. На думку дослідників, суттєво підвищений ризик цієї патології має існувати довше, аніж 30 років після аварії. Це підтверджується результатами майже 50-річних спостережень японської когорти, яка зазнала опромінення внаслідок атомного бомбування [16]. Щоб охарактеризувати довготривалі часові тенденції та вплив віку на час експозиції на радіаційно обумовлений ризик РЩЗ, автори

³ Tronko MD, Shpak VM, Zamotayeva GA, Terehova GM. Thyroid cancer in Ukraine after the Chernobyl disaster: the current achievements and strategy of further research. URL: <http://amnu.gov.ua/zagalni-zbory-namn-ukrayiny-z-mizhnarodnoyu-uchastyu-trydcyat-p-yat-rokiv-chornobylskoyi-katastrofy-isnyuyuchi-ta-majbutni-doslidzhennya-radiologichnyh-ta-medychnyh-naslidkiv/>. (54:38).

проаналізували захворюваність на цю патологію в період 1958–2005 рр. серед 105 401 осіб з японської когорти, досліджуваної впродовж життя. За вказаний період був ідентифікований 371 випадок РЩЗ. За допомогою застосування лінійної моделі «доза–відповідь» надлишковий відносний ризик раку при радіаційному гострому опроміненні осіб у віці 10 років у дозі в 1 Гр оцінювався як 1,28 (95 % ДІ: 0,59–2,70) по досягненні ними віку 60 років.

Вивчення впродовж більше 60 років асоціативного зв'язку між радіаційним випромінюванням і ризиком захворювань щитоподібної залози продовжує підтверджуватись новими знахідками. Ризик, спричинений опроміненням у дитячому віці, мабуть, триває все життя, хоча, схоже, він знижується впродовж тривалого часу після експозиції [18]. Разом з тим доказів збільшення ризику РЩЗ серед тих, хто пережив атомне бомбування у дорослому віці, замало. Можливо, результати досліджень зумовлені особливостями опромінення, яке спостерігалось при різних обставинах радіаційного впливу. Характер опромінення тих, хто вижив після атомного бомбування японської когорти, відрізняється від такого, яке зумовлене внутрішнім надходженням радіоактивних ізотопів йоду, що призначаються пацієнтам з медичними цілями, або внаслідок випробувань ядерної зброї чи викидів з ядерних об'єктів. Результати досліджень осіб, які у 1986 р. підпали під дію радіоїоду внаслідок Чорнобильської аварії, базуються на інформації про вплив хронічної експозиції внаслідок внутрішнього надходження цього радіоізоотопу [17].

Офіційне джерело – НКДАР ООН у своєму документі 2008 року [10] містить твердження про відсутність ризику РЩЗ у дорослих, зумовленого експозицією внаслідок Чорнобильської аварії. Це твердження суперечить результатам наших досліджень, які свідчать про те, що всі три групи постраждалих внаслідок Чорнобильської аварії – ліквідатори, евакуйовані та мешканці забруднених радіонуклідами територій мають підвищений рівень захворюваності на РЩЗ [11]. Дослідження частоти РЩЗ [18] в когорті українських ліквідаторів ($n = 150\ 813$) вказує на збільшення ризику цієї патології (1986–2010 рр.), $SIR = 3,50\%$ (95 % ДІ: 3,04–4,03). Продовження спостереження за цією когортою до 2012 р. показало близькі показники захворюваності – $3,35\%$ (95 % ДІ: 2,51–3,80) [19].

Дослідження цієї когорти виконувалась не тільки в дескриптивному, але й екологічному варіанті [20], у якому детально вивчався внесок зовнішнього опромінення щитоподібної залози на ризик раку цього органу. Дози визначались не для кожного індивіда, а для усіх осіб вибірки (так звані «групові дози») та репрезентували середні дози, отримані членами досліджуваної групи. Виконані два варіанти розрахунків – на основі даних про дози у звіті НКДАР ООН (2008) [10] та розрахунків на основі розробленого методу RADRUE. Отримані результати свідчать про підвищені показники ризику РЩЗ для двох дозових оцінок: $EAR/10^4$ людино-років/Гр 1,86 (95 % ДІ: 0,47–3,24) та 2,07 (95 % ДІ: 0,53–3,62); $ERR/Гр$ 2,38 (95 % ДІ: 0,60–4,15) та 2,66 (95 % ДІ: 0,68–4,64); $AR/Гр$ (attributive risk percent (AR%) per 1 Gy) – 70,4 % та 72,7 %. Необхідно зазначити, що отримані результати потребу-

ють критичного осмислення, оскільки оцінка колективної та *per capita* дози можуть істотно відрізнятись від реальних величин. Для коректної оцінки необхідне проведення, окрім дескриптивних і екологічних, аналітичних досліджень з урахуванням індивідуальних доз радіаційного опромінення. Щоб уточнити оцінки ризику РЩЗ у експонованих дорослих, проведено гніздове дослідження зразка випадок–контроль (149 випадків; 458 контролів) у згаданій вище когорті ліквідаторів України [21]. Індивідуальні дози на щитоподібну залозу розраховані для всіх досліджуваних осіб (загальна доза в середньому 199 мГр; діапазон від 0,15 мГ до 9 Гр). Попередні висновки дослідження вказують на збільшення (хоча й несуттєве) величини коефіцієнта доза/ефект РЩЗ – $ERR/Гр = 0,40$ (95 % ДІ: (-0,05)–1,48, $p = 0,12$). При цьому значення ризику залежить від морфологічного типу пухлини та часу її виникнення таким чином, що менший час після опромінення і фолікулярна форма РЩЖ пов'язані з вищим значенням $ERR/Гр$. Цей показник цілком порівнянний із даними D. Preston [22] – $ERR = 0,57$ (90 % ДІ: 0,24–1,10) дослідження японської когорти впродовж 1958–1998 рр.

Суттєве та достовірне значення доза–відповідь було встановлено у дослідженні об'єднаної когорти ліквідаторів Білорусі, Росії та країн Балтії 1990–2000 рр. [23]. Для оцінки радіаційно-індукованого ризику РЩЗ було проведено колаборативне гніздове дослідження випадок–контроль. Дослідження включало 107 випадків та 423 контролі. Індивідуальні дози на щитоподібну залозу від зовнішнього випромінювання та ^{131}I були оцінені для кожного суб'єкта. Більшість суб'єктів на відміну від українських ліквідаторів отримали відносно низькі дози опромінення (медіана 69 мГр). Статистично значущу залежність доза–відповідь було виявлено після порівняння з урахуванням загальної дози опромінення (зовнішнього та внутрішнього) щитоподібної залози. ERR на 100 мГр становив 0,38 (95 % ДІ: 0,10–1,09). У перерахунку на 1 Гр це становить приблизно 3,8, тобто суттєво вище, аніж в японській когорті та когорті ліквідаторів України. Оцінки ризику були подібними, коли дози ^{131}I та зовнішнє опромінення розглядали окремо, хоча для зовнішнього опромінення ERR не було статистично значуще підвищенням.

У роботі [24] розглядається зв'язок між дозою опромінення і рівнем захворюваності на РЩЗ серед дорослих японців, які пережили атомне бомбардування Хіросіми та Нагасакі. Проаналізовані дані про захворюваність на рак 59 687 членів когорти впродовж 1958–1998 рр., яким на момент експозиції було 20 років і старше. Відмічена позитивна асоціація розрахованої дози на щитоподібну залозу із захворюваністю на її рак жінок, які пережили А-бомбування, $ERR/Гр$ 0,70 (90 % ДІ: 0,20–1,46). Навпаки, серед чоловіків спостерігали негативний зв'язок між дозою на щитоподібну залозу та її раком: $ERR/Гр$ дорівнював мінус 0,25 (90 % ДІ: <0–0,35). Зроблено висновок, що експозиція до іонізуючого випромінювання в зрілому віці позитивно асоціювалася з РЩЗ тільки у жінок, які пережили А-бомбування, хоча, схоже, цей ризик нижчий, ніж у тих, хто зазнав опромінення в дитинстві.

Жіноча молочна залоза вважається одним з найбільш радіочутливих органів [11]. Серед окремих груп населен-

ня, постраждалого внаслідок аварії на ЧАЕС, тільки у жінок-ліквідаторів 1986–1987 рр. участі відмічено суттєве зростання захворюваності на рак молочної залози (РМЗ), яке перевищує національні показники у 1,5–1,6 раза. Достовірний ексцес цієї патології у жінок учасниць ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС 1986–1987 рр. участі, розрахований у показниках SIR, становив у 1990–2013 рр. 157,8 % (95 % ДІ: 140,9–174,7), у 2014–2018 рр. – 149,0 % (95 % ДІ: 111,9–186,1).

Дослідженням, проведеним на території Білорусі та України [25], встановлені докази існування радіаційно-асоційованого ексцесу РМЗ в групі жінок-мешканок радіоактивно забруднених територій. Відмічено зростання частоти РМЗ у жіночого населення, яке проживає у найбільш забруднених районах Білорусі та України. Впродовж 1997–2001 рр. у найбільш забруднених районах (середня кумулятивна доза 40,0 мЗв або більше) спостерігалось значне двократне зростання ризику порівняно з районами найменш забрудненими: відносний ризик (RR) в Білорусі – 2,24 (95 % ДІ: 1,51–3,32), в Україні – 1,78 (95 % ДІ: 1,08–2,93). Зростання, хоча й базується на відносно невеликій кількості випадків, виявилось приблизно через 10 років після аварії та було найвищим серед жінок, вік яких на момент експозиції був найменшим.

У пізнішому екологічному дослідженні [26], скоригованому за такими чинниками, як вплив часу, віку та ефекту урбанізації, доказів зростання захворюваності на РМЗ від середньорайонної кумулятивної дози не виявлено. Зважаючи на обмеження екологічних досліджень для оцінки радіаційних ризиків цієї патології, необхідно проведення досліджень зразка «випадок–контроль».

ВИСНОВКИ

Огляд наукових джерел дає підстави вважати висновки звітів Чорнобильського Форуму (2006) та звіту НКДАР ООН (2008) недостатньо повними та обґрунтованими щодо частоти і радіаційних ризиків віддалених онкологічних ефектів, зумовлених аварією на ЧАЕС. У пізнішій білій книзі (2018) НКДАР показано доповнені дані щодо частоти раку щитоподібної залози в осіб, опромінених у віці до 18 років [27]. Проводиться підготовка нового звіту з епідеміології та механізмів радіогенного раку. Дослідження, виконані в Україні, свідчать про те, що радіаційний ризик лейкемії у ліквідаторів перевищує популяційні показники і його величина порівнянна з даними щодо хібакуся, які зазнали атомних бомбардувань. Вперше встановлено радіаційну зумовленість хронічної лімфоїдної лейкемії. Існують радіаційні ризики лейкемії у експонованих до Чорнобильської експозиції дітей. Констатовано зростання захворюваності на рак щитоподібної залози не тільки дітей, але й у дорослих – ліквідаторів, евакуйованих з 30-км зони і мешканців забруднених радіонуклідами територій. Має місце ексцес раку молочної залози у жінок-ліквідаторів. Частота усіх форм злоякісних новоутворень порівняно з національними показниками з плином часу знижується, проте все ще їх перевищує. Очікується, що подальший моніторинг злоякісних новоутворень у групах постраждалих дозволить кількісно визначити радіаційні ризики вже відомих з попередніх досліджень форм онкологічних захворювань та тих, радіаційно-асоційований прояв яких може очікуватись у майбутньому.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Special meeting of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine "Thirty-five years of the Chernobyl accident: current and future studies of radiological and health aftereffects" (April 14, 2021; Kyiv, Ukraine). Kyiv; 2021. 92 p. URL: <https://drive.google.com/file/d/1RDS3ERtPD29bHBJGuphuuS3vgxlyDN8/view> (cited 11.06.2021).
2. Bazyka D, Prsyazhnyuk A, Gudzenko N, Dyagil I, Belyi D, Chumak V, Buzunov V. Epidemiology of late health effects in Ukrainian Chernobyl cleanup workers. *Health Phys.* 2018;115(1):161-9. DOI: 10.1097/HP.0000000000000868.
3. Romanenko AY, Finch SC, Hatch M, Lubin JH, Bebesko VG, Bazyka DA, Gudzenko N et al. The Ukrainian-American study of leukemia and related disorders among Chernobyl cleanup workers from Ukraine: III. Radiation risks. *Radiat Res.* 2008;170(6):711-20. DOI: 10.1667/RR1404.1.
4. Zablotska LB, Bazyka D, Lubin JH, Gudzenko N, Little MP, Hatch M, Finch SC et al. Radiation and the risk of chronic Lymphocytic and other leukemias among Chernobyl cleanup workers. *Environ Health Perspect.* 2013;121(1):59-65. DOI: 10.1289/ehp.1204996.
5. Ivanov VK, Tsyb AF, Khait SE, Kashcheev VV, Chekin SYu, Maksimov MA, Tumanov KA. Leukemia incidence in the Russian cohort of Chernobyl emergency workers. *Radiat Environ Biophys.* 2012;51(2):143-9. DOI: 10.1007/s00411-011-0400-y.
6. Hsu WL, Preston DL, Soda M, Sugiyama H, Funamoto S, Kodama K, Kimura A, Kamada N et al. The incidence of leukemia, lymphoma and multiple myeloma among atomic bombsurvivors: 1950-2001. *Radiat Res.* 2013;179:361-82. DOI: 10.1667/RR2892.1.
7. Kesminiene A, Evrard AS, Ivanov VK, Malakhova IV, Kurtinaitis J, Stengrevics A, Tekkel M, Anspaugh LR et al. Risk of hematological malignancies among Chernobyl liquidators. *Radiat Res.* 2008;170(6):721-35. DOI: 10.1667/RR1231.1.
8. Bazyka D, Gudzenko N, Dyagil I, Goroh E, Polyschuk O, Trotsuk N et al. Chronic lymphocytic leukemia in Chernobyl cleanup workers. *Health Physics.* 2016;111(2):186-91. DOI: 10.1097/HP.0000000000000440.
9. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources and Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR 2008 Report. Vol. II, Effects. New York: UNITED NATIONS, 2011. 324 p.
10. Liubarets TF, Shibata Y, Saenko VA, Bebesko VG, Prsyazhnyuk AE, Bruslova KM et al. Childhood leukemia in Ukraine after the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys.* 2019;58(4):553-62. DOI: 10.1007/s00411-019-00810-4.
11. Bazyka DA, Prsyazhnyuk AY, Gudzenko NA, Fuzik MM, Fedorenko ZP, Ryzhov AYU et al. Malignant neoplasms after the Chernobyl accident. 35 years of research experience. In: Special meeting of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine «Thirty-five years of the Chernobyl accident: current and future studies of radiological and health aftereffects» (April 14, 2021; Kyiv, Ukraine). Kyiv; 2021. С 6-7.
12. Masiuk S, Chepurny M, Buderatska V, Kukush A, Shklyar S, Ivanova O, Boiko Z et al. Thyroid doses in Ukraine due to ¹³¹I intake after the Chernobyl accident. Report: revision of direct thyroid measurements. *Radiat Environ Biophys.* 2021;60(2):267-88. DOI: 10.1007/s00411-021-00896-9.
13. Tronko MD, Howe GR, Bogdanova TI, Bouville AC, Epstein OV, Brill AB, Likhtarev IA, Fink DJ et al. A cohort study of thyroid cancer and other thyroid diseases after the Chernobyl accident: thyroid cancer in Ukraine detected during first screening. *J Natl Cancer Inst.* 2006;98(13):897-903. DOI: 10.1093/jnci/djj244.
14. Brenner AV, Tronko MD, Hatch M, Bogdanova TI, Oliynik VA, Lubin JH, Zablotska LB, Tereshchenko VP

et al. I-131 dose response for incident thyroid cancers in Ukraine related to the Chernobyl accident. *Environ Health Perspect*. 2011;119(7):933-9. DOI: 10.1289/ehp.1002674.

15. Tronko M, Brenner AV, Bogdanova T, Shpak V, Oliylyk V, Cahoon EK, Drozdovitch V, Little MP et al. Thyroid neoplasia risk is increased nearly 30 years after the Chernobyl accident. *Int J Cancer*. 2017;141(8):1585-8. DOI: 10.1002/ijc.30857.

16. Furukawa K, Preston D, Funamoto S, Yonehara S, Ito M, Tokuoka S, Sugiyama H et al. Long-term trend of thyroid cancer risk among Japanese atomic-bomb survivors: 60 years after exposure. *Int J Cancer*. 2013;132(5):1222-6. DOI: 10.1002/ijc.27749.

17. Boice JD. Thyroid disease 60 years after Hiroshima and 20 years after Chernobyl. *JAMA*. 2006;295(9):1060-2. DOI: 10.1001/jama.295.9.1060.

18. Ostroumova E, Gudzenko N, Brenner A, Gorokh Y, Hatch M, Prysazhnyuk A, Mabuchi K, Bazyka D. Thyroid cancer incidence in Chernobyl liquidators in Ukraine: SIR analysis, 1986–2010. *Eur J Epidemiol*. 2014;29(5):337-42. DOI: 10.1007/s10654-014-9896-1.

19. Bazyka DA, Prysazhnyuk AYe, Gudzenko NA et al. [Oncological consequences of the Chernobyl accident-35 years in a row]. *Ekolohiia ta medytsyna: materials of Scientific and Practical Conferences*. Kyiv; 2021. P. 193-7. Ukrainian.

20. Prysazhnyuk AYe, Trotsyuk NK, Gudzenko NA, Chumak VV, Bakhanova OV, Fuzik MM et al. Radiation risks of thyroid cancer in Chernobyl clean-up workers using the alternative estimates of doses of external exposure. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2018;23:200-15.

21. Cahoon E, Mabuchi K, Drozdovitch V, Little M, Hatch M, Gudzenko N, Bazyka D. Risk of thyroid cancer among Chernobyl clean-up workers in Ukraine. *Environ Epidemiol*. 2019. 3: 49. DOI: 10.1097/01.EE9.0000606172.11860.ac.

22. Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, Mabuchi K, Kodama K. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958–1998. *Radiat Res*. 2007;168(1):1-64. DOI: 10.1667/RR0763.1.

23. Kesminiene A, Evrard AS, Ivanov VK, Malakhova IV, Kurtinaitise J, Stengrevics A, Tekkel M et al. Risk of thyroid cancer among Chernobyl liquidators.

Radiat Res. 2012;178(5):425-36. DOI: 10.1667/RR2975.1.

24. Richardson DB. Exposure to ionizing radiation in adulthood and thyroid cancer incidence. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*. 2009;20(2):181-7. DOI: 10.1097/EDE.0b013e318196ac1c.

25. Pukkala E, Kesminiene A, Poliakov S, Ryzhov A, Drozdovitch V, Kovgan L, Kyryonen P et al. Breast cancer in Belarus and Ukraine after the Chernobyl accident. *Int J Cancer*. 2006;119(3):651-8. DOI: 10.1002/ijc.21885.

26. Zupunski L, Yaumenenka A, Ryzhov A, Veyalkin I, Drozdovitch V, Masiuk S, Ivanova O, Kesminiene A et al. Breast cancer incidence in the regions of Belarus and Ukraine most contaminated by the Chernobyl accident: 1978 to 2016. *Int J Cancer*. 2021;148(8):1839-49. DOI: 10.1002/ijc.33346.

27. Balonov M, Bazyka D, Demidchik, Ivanov V, Jacob P, Stazharau AN, Weiss W. Evaluation of data on thyroid cancer in regions affected by the Chernobyl accident. White Paper to Guide the Scientific Committee's Future Programme of Work. New York: United Nations, 2018. 20 p.



РЕЗЮМЕ

Онкологические эффекты Чернобыльской катастрофы в отдаленном 35-летнем послеаварийном периоде

Д. А. Базыка, А. Е. Присяжнюк

Государственное учреждение «Национальный научный центр радиационной медицины НАМН Украины», ул. Юрия Ильенко, 53, Киев 04050, Украина

Исследования, выполненные в Украине относительно отдаленных онкологических последствий Чернобыльской катастрофы, свидетельствуют о влиянии радиационного аварийного облучения на уровень заболеваемости злокачественными новообразованиями пострадавших контингентов населения. Об этом свидетельствует повышенный радиационный риск лейкемии у ликвидаторов, который превышает национальные популяционные показатели, и его величина сопоставима с данными хибакуса, подвергшихся атомным бомбардировкам. Впервые в этой когорте установлена радиационная обусловленность хронической лимфоидной лейкемии. Существуют радиационные риски лейкемии у экспонированных к Чернобыльскому облучению детей. Констатируется рост заболеваемости раком щитовидной железы не толь-

ко детей, но и взрослых: ликвидаторов, эвакуированных из 30-км зоны и жителей загрязненных радионуклидами территорий. Имеет место эксцесс рака молочной железы у женщин-ликвидаторов. Частота всех форм злокачественных новообразований по сравнению с национальными показателями с течением времени снижается, но все еще их превышает. Ожидается, что дальнейший мониторинг злокачественных новообразований в группах пострадавших позволит количественно определить радиационные риски уже известных из предыдущих исследований форм онкологических заболеваний и тех, радиационно ассоциированный проявление которых может ожидать в будущем.

Ключевые слова: Чернобыльская катастрофа, пострадавшие, злокачественные новообразования, лейкемия, рак молочной железы, рак щитовидной железы.

Для цитирования: Базыка ДА, Присяжнюк АЕ. Онкологические эффекты Чернобыльской катастрофы в отдаленном 35-летнем послеаварийном периоде. *Журнал Национальной академии медицинских наук Украины*. 2021;27(2):133-139. <https://doi.org/10.37621/JNAMSU-2021-2-7>

Статья поступила в редакцию 23.07.2021 | Направлена на рецензирование 26.07.2021 | Принята в печать 30.07.2021