

УДК 616-006-036.22:616-001.28:614.876

Н. А. Гудзенко<sup>1</sup>✉, А. Є. Присяжнюк<sup>1</sup>, М. М. Фузік<sup>1</sup>, О. В. Сумкіна<sup>2</sup>, О. М. Хухрянська<sup>1</sup>,  
Н. Г. Бабкіна<sup>1</sup>, С. А. Даневич<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, м. Київ, 04050, Україна

<sup>2</sup>Державне некомерційне підприємство «Національний інститут раку», вул. Здановської Юлії, 33/43, м. Київ, 03022, Україна

## ОЦІНКА ЧАСТОТИ ВИНИКНЕННЯ ЗЛОЯКІСНИХ НОВОУТВОРЕНЬ У МЕШКАНЦІВ НАЙБІЛЬШ ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ФОРС-МАЖОРНИХ ОБСТАВИН

**Мета:** дослідити рівні захворюваності на злоякісні новоутворення мешканців найбільш забруднених радіонуклідами територій (РЗТ) з оцінкою можливого впливу форс-мажорних обставин на визначені рівні показників.

**Матеріали і методи.** Досліджувались мешканці найбільш забруднених радіонуклідами територій Житомирської і Київської областей, загальна чисельність яких скоротилась, з 173 198 осіб у 2020 році до 161 978 осіб у 2023 році. Чисельність мешканців РЗТ за віковими групами в 2021–2023 роках було визначено відповідно до структури, спостережуваної в 2020 році. Для оцінки кількості випадків злоякісних новоутворень (ЗН), діагностованих у мешканців РЗТ, було використано базу даних Національного канцер-реєстру України (НКРУ). Для елімінації впливу форс-мажорних обставин на оцінку рівня захворюваності на ЗН мешканців РЗТ у 2020–2023 роках, було обґрунтовано і застосовано метод регресійного аналізу.

**Результати і висновки.** Отримані дані дають підстави для висновку про збереження в 2020–2023 роках попередніх тенденцій до зростання частоти ЗН та їхніх окремих нозологічних форм, що вважаються радіаційно-асоційованими (ЗН лімфоїдної та кровотворної тканини, раку щитоподібної та молочної залози), а також про необхідність враховувати ймовірний вплив форс-мажорних обставин на величину показників.

**Ключові слова:** Чорнобильська катастрофа; мешканці забруднених радіонуклідами територій; рак; захворюваність.

*Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2025. Вип. 30. С. 160–173. doi: 10.33145/2304-8336-2025-30-160-173*

✉ Гудзенко Наталія Анатоліївна, e-mail: gudznat@gmail.com

N. A. Gudzenko<sup>1</sup>✉, A. Ye. Prisyazhnyuk<sup>1</sup>, M. M. Fuzik<sup>1</sup>, O. V. Sumkina<sup>2</sup>, O. M. Khukhrianska<sup>1</sup>,  
N. G. Babkina<sup>1</sup>, S. A. Danevich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Institution «National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka Str., Kyiv, 04050, Ukraine

<sup>2</sup>State Non-profit Institution «National Cancer Institute», 33/43 Zdanovska Julia St., Kyiv, 03022, Ukraine

## ASSESSMENT OF THE INCIDENCE OF MALIGNANT NEOPLASMS IN RESIDENTS OF THE MOST RADIONUCLIDE-CONTAMINATED TERRITORIES OF UKRAINE, TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF FORCE MAJEURE CIRCUMSTANCES

**Objective:** to determine the incidence rates of malignant neoplasms (MNs) among residents of the most radionuclide-contaminated territories (RCT) with an assessment of the possible impact of force majeure circumstances on the specified levels of indicators

**Materials and methods.** The object of the study was residents of the RCT of Zhytomyr and Kyiv regions, the total number of which decreased from 173,198 persons in 2020 to 161,978 persons in 2023. The number of residents of the most RCT by age group in 2021–2023 was determined in accordance with the structure observed in 2020. To estimate the number of cases of MNs diagnosed in residents of the RCT, the database of the National Cancer Registry of Ukraine (NCRU) was used. To eliminate the influence of force majeure circumstances on the assessment of the incidence rate of MNs among RCT residents in 2020–2023, the regression analysis method was substantiated and applied.

**Results and conclusions.** The obtained data provide grounds for concluding that the previous trends towards an increase in the frequency of MNs and certain of their nosological forms, which are considered radiation-associated (MNs of lymphoid and hematopoietic tissue, thyroid cancer, breast cancer), will persist in 2020–2023, as well as the need to take into account the likely impact of force majeure circumstances on the magnitude of the indicators.

**Key words:** Chornobyl NPP; residents of the territories contaminated with radionuclides; cancer; incidence.

*Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2025;30:160-173. doi: 10.33145/2304-8336-2025-30-160-173*

### ВСТУП

Дослідження віддалених наслідків Чорнобильської катастрофи свідчать про істотні зміни у стані здоров'я постраждалих контингентів населення. Одним із напрямків досліджень є епідеміологічне вивчення захворюваності на злоякісні новоутворення (ЗН). При створенні часової (трендової) моделі захворюваності на ЗН необхідно враховувати можливий вплив деяких факторів природного та соціального характеру в окремі часові періоди на формування цих показників. Післяаварійна форс-мажорна ситуація у 1986 році на територіях, що межують з ЧАЕС, негативно вплинула на діяльність органів та установ охорони здоров'я. У післяаварійний період надання медичної допомоги мешканцям забруднених радіонуклідами територій (РЗТ) поступово налагоджувалось. Хоча трирівнева система реєстрації онкологічних захворювань на паперових носіях існувала в

### INTRODUCTION

Studies of the long-term consequences of the Chornobyl disaster indicate significant changes in the health status of the affected population. One of the areas of research is the epidemiological studies of the malignant neoplasms' (MNs) incidence. When creating a time (trend) model of the MNs incidence, it is necessary to take into account the possible influence of certain natural and social factors on the formation of these indicators in certain time periods. The Chornobyl accident negatively affected the activities of health care bodies and institutions in the territories bordering the Chornobyl NPP in 1986. In the post-accident period, the provision of medical care to residents of radionuclide-contaminated territories was gradually improved. Although a three-tiered system of oncological diseases registration had existed in the

✉ Natalia A. Gudzenko, e-mail: gudznat@gmail.com

країні з 1932 року, надійну вичерпну інформаційну основу реєстрації випадків ЗН було запроваджено лише завдяки створенню в 1989 році автоматизованої системи Національного канцер реєстру України (НКРУ). Реєстр було створено на базі Київського науково-дослідного інституту онкології (нині ДНП «Національний інститут раку»). Згадана форма діяльності зазнала удосконалення завдяки Постанові Кабінету Міністрів України № 571 від 09.06.1997 року «Про затвердження Положення про організацію і функціонування Державного реєстру України осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи» (ДРУ). З моменту створення НКРУ процедура реєстрації онкологічних захворювань значно удосконалилась відповідно до міжнародних стандартів і рекомендацій [1].

За даними реєстру в Україні прогнозовано загальне зростання кількості випадків раку на 17,8 % з 2012 до 2022 року [2]. Разом з тим, слід брати до уваги ймовірний вплив форс-мажорних обставин сьогодні на стан обліку онкологічною службою досліджуваної патології. Пандемія COVID-19 в Україні серйозно вплинула на своєчасне виявлення ЗН у всіх вікових групах незалежно від статі: загальна кількість цих захворювань у 2020 році порівняно з 2015–2019 рр. в популяції України скоротилась у чоловіків та жінок більш ніж на 18 % [3, 4].

Масштабні воєнні дії, окупація частини регіонів, міграція населення за кордон та переміщення всередині країни позначились на рівні медичної допомоги населенню. У 2022 році порівняно з 2021 роком в Україні істотно – на 17 863 (14,4 %) зменшилась кількість зареєстрованих випадків захворювання на ЗН [5]. Не можна виключати також і надлишкову смертність, спричинену як коронавірусом, так і іншими хворобами внаслідок обмеженої можливості отримання вчасної медичної допомоги.

Зважаючи на викладене, стає очевидним, що на епідеміологічні дані останніх років – 2020–2023 рр. – безсумнівно впливали невідворотні обставини, спричинені як пандемією COVID-19, так і військовими подіями, розв'язаними сусідньою країною-агресоркою. Тому для достовірної оцінки рівня захворюваності на ЗН у ці роки були застосовані додаткові критерії, що надало можливість елімінувати вплив згаданих обставин, які суттєво вплинули на можливість вичерпного виявлення та реєстрації випадків ЗН і оцінку демографічних процесів.

country since 1932 on paper forms, a reliable comprehensive registration of cancer cases was introduced only thanks to the creation in 1989 of the automated system of the National Cancer Registry of Ukraine (NCRU). It was created on the basis of the Kyiv Scientific Research Institute of Oncology (now the State Non-Profit Organization «National Cancer Institute»). The aforementioned form of activity was improved by the Resolution of the Cabinet of Ministers No. 571 of 09.06.1997 «On Approval of the Regulations on the Organization and Functioning of the State Register of Ukraine of Persons Affected by the Chornobyl Disaster» (SRU). Since the establishment of the NCRU, the procedure for registering oncological diseases has been significantly improved in accordance with international standards and recommendations [1].

According to the registry, an overall increase in the number of cancer cases in Ukraine was projected to be 17.8% from 2012 to 2022 [2]. At the same time, it is necessary to take into account the probable impact of current force majeure circumstances on the state of diagnostics and accounting of the pathology under study by the oncology service. The COVID-19 pandemic in Ukraine has seriously affected the timely detection of MNs in all age groups, regardless of gender: the total number of these diseases in 2020 compared to 2015–2019 in the population of Ukraine decreased by more than 18% in men and women [3, 4].

Large-scale military operations, occupation of some regions, migration abroad and displacement within the country have affected the level of medical care for the population. In 2022, compared to 2021, the number of registered MNs cases in Ukraine decreased significantly by 17,863 (14.4%) [5]. Excess mortality caused by both coronavirus and other diseases due to limited access to timely medical care cannot be ruled out.

Given the above, it becomes obvious that the epidemiological data of recent years – 2020–2023. were undoubtedly influenced by unavoidable circumstances caused by both the COVID-19 pandemic and military aggression events. Therefore, for a reliable assessment of the incidence of MNs in these years, additional criteria were applied, which made it possible to eliminate the influence of the aforementioned circumstances, which significantly affected the possibility of exhaustive diagnostics and registration of MNs cases and assessment of demographic processes.

## МЕТА

Метою дослідження було проаналізувати рівні захворюваності на ЗН мешканців найбільш забруднених радіонуклідами територій з оцінкою можливого впливу форс-мажорних обставин на визначені рівні показників.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Об'єктом дослідження були: мешканці забруднених радіонуклідами території (Лугинська, Народицька, Овруцька територіальні громади Житомирської області, Бородянська, Іванківська, Поліська територіальні громади Київської області); населення України в цілому; бази даних НКРУ, ДРУ, звіти лабораторії епідеміології раку Інституту радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО. Демографічні дані, включно з інформацією про чисельність населення та міграцію, державними органами статистики в умовах воєнного стану не оприлюднюються, що унеможливує обробку та аналіз даних за 2022 та 2023 роки, тобто, за перші роки повномасштабного вторгнення. У цій ситуації виникла потреба альтернативних підходів до оцінки чисельності населення та рівня захворюваності на ЗН із використанням методів екстраполяції. Для цього було використано розробки співробітників Інституту демографії та соціальних досліджень імені М. В. Птухи НАН України [6] та Міністерства соціальної політики (проект «Стратегії демографічного розвитку України до 2040 року») [7], а чисельність населення Київської та Житомирської областей було визначено на основі даних мобільних операторів, оприлюднених Укрінформом [8]. Для населення РЗТ було зроблено припущення, що зміни його чисельності у 2022 та 2023 роках були пропорційні змінам чисельності населення Київської та Житомирської областей.

В результаті, щорічна розрахункова чисельність населення для останніх років виглядає наступним чином: у 2020 році загальна чисельність мешканців досліджуваних територій становила 173 198 осіб. У 2021 році вона зменшилась до 170 322 осіб, у 2022 — до 166 644 осіб, у 2023 році — до 161 978. Розрахункову чисельність мешканців РЗТ за віковими групами в 2021–2023 роках було визначено відповідно до структури, спостережуваної в 2020 році. Використано дані НКРУ для оцінки кількості випадків ЗН, діагностованих у мешканців досліджуваних територій.

Розраховано вікові, інтенсивні та стандартизовані показники захворюваності як за кожний рік, так і за агрегованими часовими періодами. Стандартизація

## OBJECTIVE

Objective of the study was to determine the incidence rates of MNs among residents of the most radionuclide-contaminated territories with an assessment of the possible impact of force majeure circumstances on the specified levels of indicators.

## MATERIALS AND METHODS

The object of the study was: residents of the territory contaminated with radionuclides (Luhynska, Narodytska, Ovrutska territorial communities of Zhytomyr region, Borodyanska, Ivankivska, Polissya territorial communities of Kyiv region); the population of Ukraine as a whole; databases of the National Committee for the State Audit of Ukraine, the State Audit Office, reports of the laboratory of cancer epidemiology of the NRCRMHO. Demographic data, including information on population and migration, are not published by state statistical bodies under martial law, which makes it impossible to process and analyze data for 2022 and 2023, that is, for the first years of a full-scale invasion. In this situation, there was a need for alternative approaches to estimating the population size and the MNs incidence using extrapolation methods. For this purpose, the developments of the M. V. Ptukha Institute of Demography and Social Research of the National Academy of Sciences of Ukraine [6] and the Ministry of Social Policy (project «Strategy of Demographic Development of Ukraine until 2040») [7] were used. In addition the population size of Kyiv and Zhytomyr regions was determined based on data from mobile operators published by Ukrinform [8].

For the population of RCT, it was assumed that changes in its size in 2022 and 2023 were proportional to changes in the population of Kyiv and Zhytomyr regions. As a result, the annual estimated population for recent years is as follows: in 2020, the total number of residents of the studied territories was 173,198 people. In 2021, it decreased to 170,322 people, in 2022 to 166,644 people, and in 2023 to 161,978. The estimated number of residents of the RCT by age group in 2021–2023 was determined according to the structure observed in 2020. NCRU data were used to estimate the number of MN cases diagnosed in residents of the studied territories.

Age-specific, intensive and standardized incidence rates were calculated both for each year and for aggregated time periods. Standardization was

проведена прямим методом, для розрахунків стандартизованих показників захворюваності використано світовий стандарт (тобто, віковий розподіл чисельності так званого «Світового стандартного населення» – World standard population).

Для елімінації впливу форс-мажорних обставин і оцінки рівня захворюваності на ЗН мешканців РЗТ у 2020–2023 роках, наближеного до реального, було використано метод регресійного аналізу показників динамічного ряду 2007–2019 років, що характеризується стабільними стійкими тенденціями, із їх екстраполяцією на 2020–2023 роки. Це дало змогу з прийнятною достовірністю оцінити різницю зареєстрованих і розрахункових показників.

## РЕЗУЛЬТАТИ

Приведений нижче рисунок 1 засвідчує динамічні зміни частоти ЗН на РЗТ впродовж тривалого (1980–2023 рр.) періоду спостереження [9, 10]. Це графічно відображає вплив стану реєстрації пухлин у різні часові періоди та візуалізує динаміку захворюваності на ЗН населення не тільки РЗТ, але й України в цілому та Житомирської і Київської областей за наявності впливу поточних форс-мажорних обставин. Ми бачимо, що зареєстрований рівень захворюваності в період 1980–1988 рр. неухильно зростає, і це, найбільш вірогідно, пов'язано з покращенням процедури реєстрації досліджуваної патології. Тому, дані за цей часовий відрізок не було включено в динамічний ряд для оцінки рівня захворюваності в подальший період спостереження. Також, слід звернути увагу на те, що у період форс-мажорних обставин (2020–2023 рр.) показники значно коливаються: стрімко знижуються, а далі зростають. Це свідчить про необхідність вносити визначені корективи у показники за згадані часові відрізки для побудови коректної моделі захворюваності на ЗН. Оцінку динаміки частоти ЗН у мешканців РЗТ, постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС, здійснено з 1990 року.

Представлені дані свідчать про те, що показники захворюваності на ЗН є нижчими серед мешканців найбільш забруднених районів України порівняно з жителями України в цілому і Київської області та близькі до цих значень у Житомирській області. Слід зазначити, що і в доаварійний період у населення територій, прилеглих до Чорнобильської АЕС, показники захворюваності на ЗН були одними з найнижчих в Україні.

Часові тренди захворюваності були подібними на всіх порівнюваних територіях. Щорічні показники

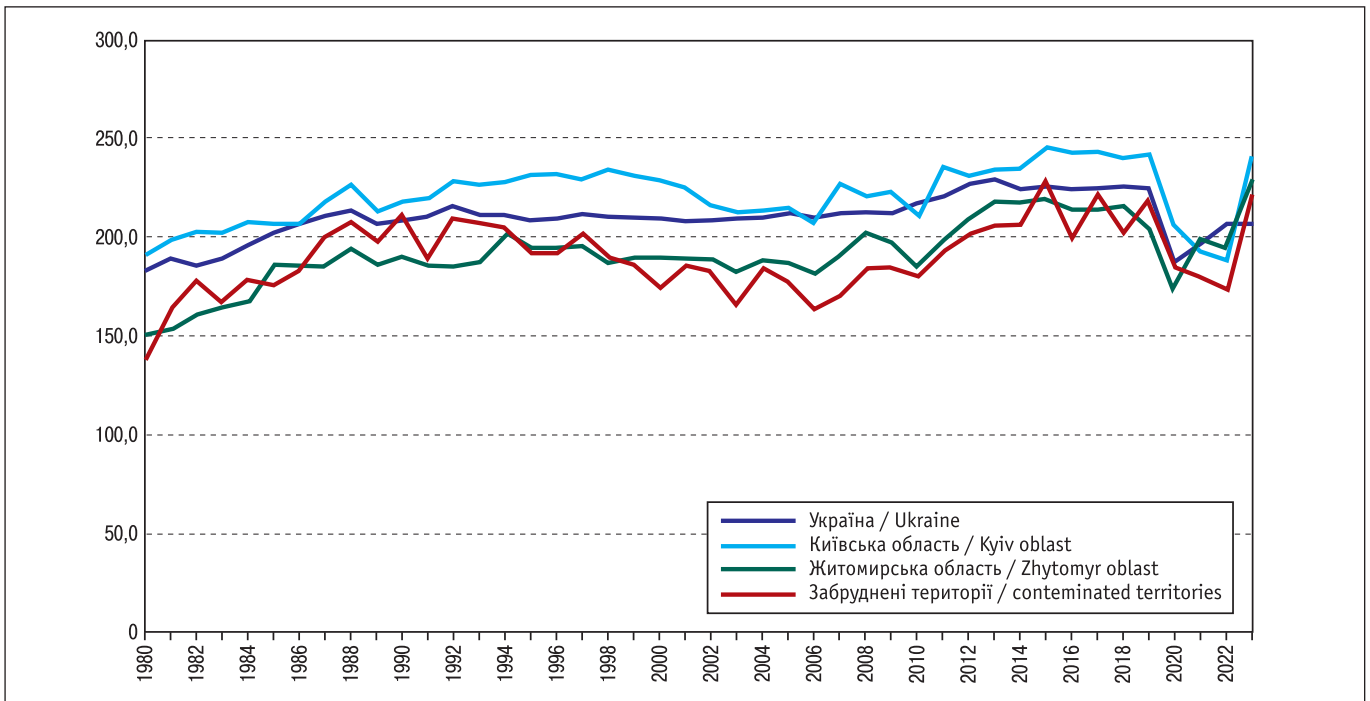
carried out by the direct method, and the world standard was used to calculate standardized incidence rates (i.e., the age distribution of the so-called «World Standard Population»).

To eliminate the impact of force majeure circumstances and estimate the MNs incidence rate among residents of the RCT in 2020–2023, close to the real one, the method of regression analysis of the indicators of the dynamic series of 2007–2019, characterized by stable persistent trends, was used, with their extrapolation to 2020–2023. This made it possible to estimate with acceptable reliability the difference between the registered and calculated indicators.

## RESULTS

Figure 1 below demonstrates the dynamic changes in the MNs incidence in the RCT over a long (1980–2023) observation period [9, 10]. This graphically reflects the impact of the state of tumor registration in different time periods and visualizes the dynamics of the MNs in the population not only of the RCT, but also of Ukraine as a whole and the Zhytomyr and Kyiv regions in the presence of the influence of current force majeure circumstances. It is noticeable that the registered incidence rate in the period 1980–1988 steadily increased, and this is most likely due to the improvement of the registering procedure for the pathology under study. Therefore, data for this time period were not included in the time series for assessing the incidence rate in the subsequent observation period. It should also be noted that during the period of force majeure (2020–2023), the indicators fluctuate significantly: they decrease rapidly, and then increase. This indicates the need to make certain adjustments to the indicators for the mentioned time periods to build a correct model of the MN incidence. The dynamics of the frequency of MN in residents of the RCT affected by the Chernobyl accident has been assessed since 1990.

The presented data indicate that the incidence rates of malignant neoplasms are lower among residents of RCT compared to residents of Ukraine as a whole and the Kyiv region. However, they are close to these values in the Zhytomyr region. It should be noted that even in the pre-accident period, the MNs incidence rates among the population of the territories adjacent to the Chernobyl NPP were among the lowest in Ukraine. Temporal trends in morbidity were similar in all compared territories. Annual incidence rates for MN represent an



**Рисунок 1.** Захворюваність на всі форми ЗН (МКХ-10: C00–C96) населення України, Київської, Житомирської областей та РЗТ у продовж 1980–2023 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 населення)

**Figure 1.** Cancer incidence (ICD10 codes C00–C96) in population of Ukraine, Kyiv, Zhytomyr regions and the most contaminated with radionuclide's territories in 1980–2023 (age-adjusted incidence rates per 100 000)

захворюваності на ЗН являють собою зростаючий тренд до початку 90-х років, але, починаючи з 1993 року, має місце зниження показників аж до 2006 року. Однак, з 2007 року знову з'явилась тенденція до їх зростання. Такі зміни характерні для України в цілому, РЗТ і областей, частиною яких вони є. Разом з тим, за темпами росту захворюваності (в 1980–1992 рр. і 2006–2019 рр.) та її зниження (у 1993–2005 рр.) показники РЗТ є найвищими. Привертає увагу те, що у 2006 році спостерігався найнижчий рівень захворюваності –  $169,6 \cdot 10^{-5}$ . Упродовж 2007–2019 рр. у досліджуваних РЗТ відмічено зростання показників захворюваності: у 2007–2010 рр. –  $187,0 \cdot 10^{-5}$ , у 2011–2014 рр. –  $200,4 \cdot 10^{-5}$ , у 2015–2019 рр. –  $217,9 \cdot 10^{-5}$ .

Дані за 2020–2023 рр. характеризуються значними коливаннями та суттєвим зменшенням аналізованих показників захворюваності на ЗН населення усіх територій: України в цілому, Київської, Житомирської областей та РЗТ. Показники захворюваності на ЗН на РЗТ склали у 2020 році  $188,3 \cdot 10^{-5}$ , у 2021 –  $179,4 \cdot 10^{-5}$ , у 2022 –  $172,7 \cdot 10^{-5}$ , у 2023 році –  $222,6 \cdot 10^{-5}$ .

Нижче приведені гістограми впродовж 1980–2023 рр., які віддзеркалюють динаміку захворюваності на окремі форми ЗН, що можуть бути віднесені до радіоіндукованих захворювань, за укрупненими часовими періодами.

increasing trend until the early 1990s, but starting from 1993, there was a decrease in the rates until 2006. However, since 2007, a tendency to their growth has appeared again. Such changes are characteristic of Ukraine as a whole, the RCT and the regions of which they are a part. At the same time, in terms of the morbidity rates growth in (in 1980–1992 and 2006–2019) and its decrease (in 1993–2005), the RCT indicators are the highest.

It is noteworthy that in 2006 the lowest incidence rate was observed –  $169,6 \cdot 10^{-5}$ . During 2007–2019, an increase in incidence rates was observed in the studied RCTs: in 2007–2010 –  $187,0 \cdot 10^{-5}$ , in 2011–2014 –  $200,4 \cdot 10^{-5}$ , in 2015–2019 –  $217,9 \cdot 10^{-5}$ .

Data for 2020–2023 are characterized by significant fluctuations and a significant decrease in the analyzed incidence rates of MNs in the population of all territories: Ukraine as a whole, Kyiv, Zhytomyr regions and the RCT. The MNs incidence rates in the RCT were  $188,3 \cdot 10^{-5}$  in 2020,  $179,4 \cdot 10^{-5}$  in 2021,  $172,7 \cdot 10^{-5}$  in 2022, and  $222,6 \cdot 10^{-5}$  in 2023.

The histograms below for 1980–2023 reflect the dynamics of the incidence of individual forms of MNs that can be attributed to radioinduced diseases, by enlarged time periods.

Рак молочної залози належить до нозологічних форм ЗН з підвищеною чутливістю до дії іонізуючого випромінювання [11, 12]. Показник відносного надлишкового радіаційного ризику – ERR/Gy в японській когорті хібакушів становить 3,1 (95 % ДІ: 1,8–4,3) [13]. У мешканок РЗТ захворюваність на РМЗ характеризувалась високими темпами зростання (рис. 2). Як наслідок, показники по цих територіях у 2020–2023 рр.  $(37,7 \pm 2,6) \cdot 10^{-5}$ , практично, не відрізнялись від величини захворюваності на цю патологію в Україні в цілому –  $(43,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$  та у Житомирській області  $(39,9 \pm 1,0) \cdot 10^{-5}$ .

Відмічається суттєва зміна тенденцій захворюваності у 2020–2023 рр. в Україні в цілому, натомість у Київській та Житомирській областях показники практично не змінились, тоді як на РЗТ вони навіть зменшились. Це можна розцінити як результат впливу форс-мажорної ситуації.

Серед інших нозологічних форм ЗН найбільш високі темпи зростання частоти відмічені щодо РЩЗ (коефіцієнт регресії у жінок –  $b = 0,30 \pm 0,05$ , у чоловіків –  $b = 0,07 \pm 0,02$ ), (рис. 3). Результати досліджень [13–15] свідчать про високу чутливість цього органу до радіаційного канцерогенезу.

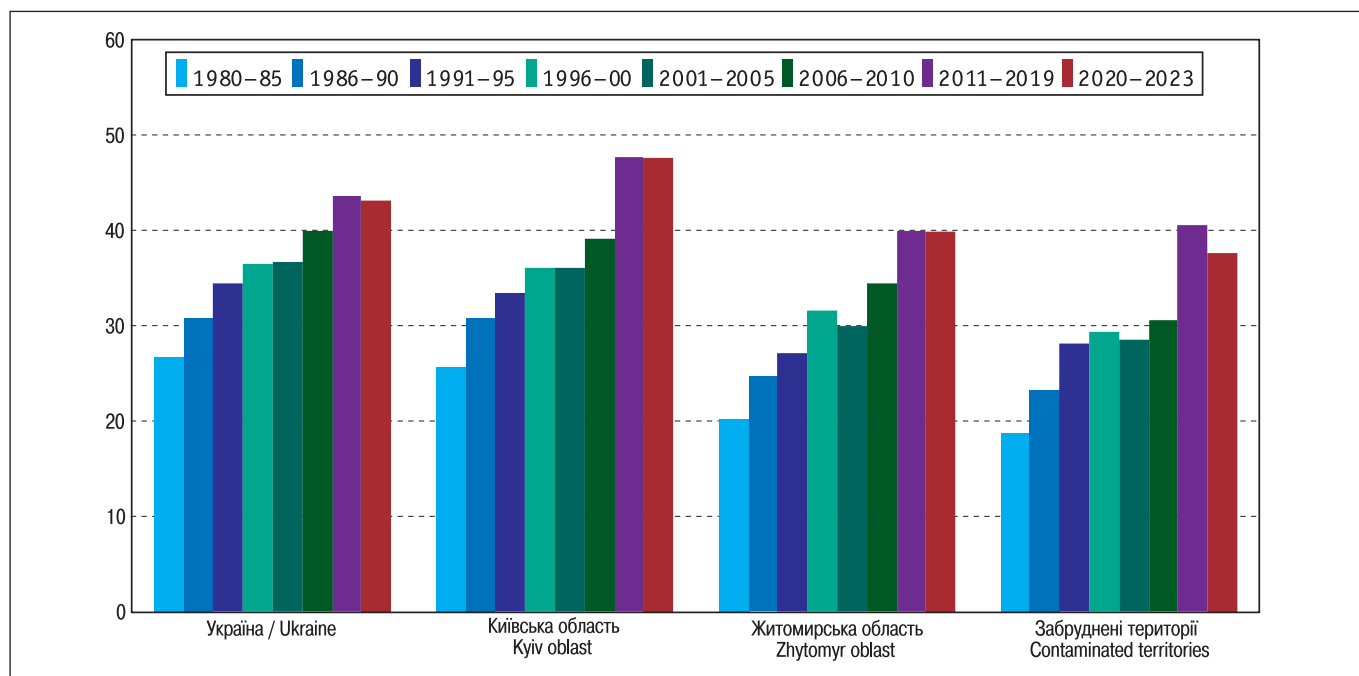
Порівняння показників захворюваності на РЩЗ мешканців РЗТ –  $(7,4 \pm 1,0) \cdot 10^{-5}$  із загальнонаціональ-

Breast cancer belongs to the nosological forms of MNs with increased sensitivity to ionizing radiation [11, 12]. The relative excess radiation risk – ERR/Gy in the Japanese hibakusha cohort is 3.1 (95 % CI: 1.8–4.3) [13]. In the RCT residents, the incidence of breast cancer was characterized by high growth rates (Figure 2). As a result, the indicator for these territories in 2020–2023  $(37.7 \pm 2.6) \cdot 10^{-5}$  practically did not differ from the incidence of this pathology in Ukraine as a whole  $(43.2 \pm 0.1) \cdot 10^{-5}$  and in the Zhytomyr region  $(39.9 \pm 1.0) \cdot 10^{-5}$ .

There is a significant change in the incidence trends in 2020–2023 in Ukraine as a whole, while in Kyiv and Zhytomyr regions the indicators have practically not changed, while in the RCT they have even decreased. This can be considered as a result of the impact of a force majeure situation.

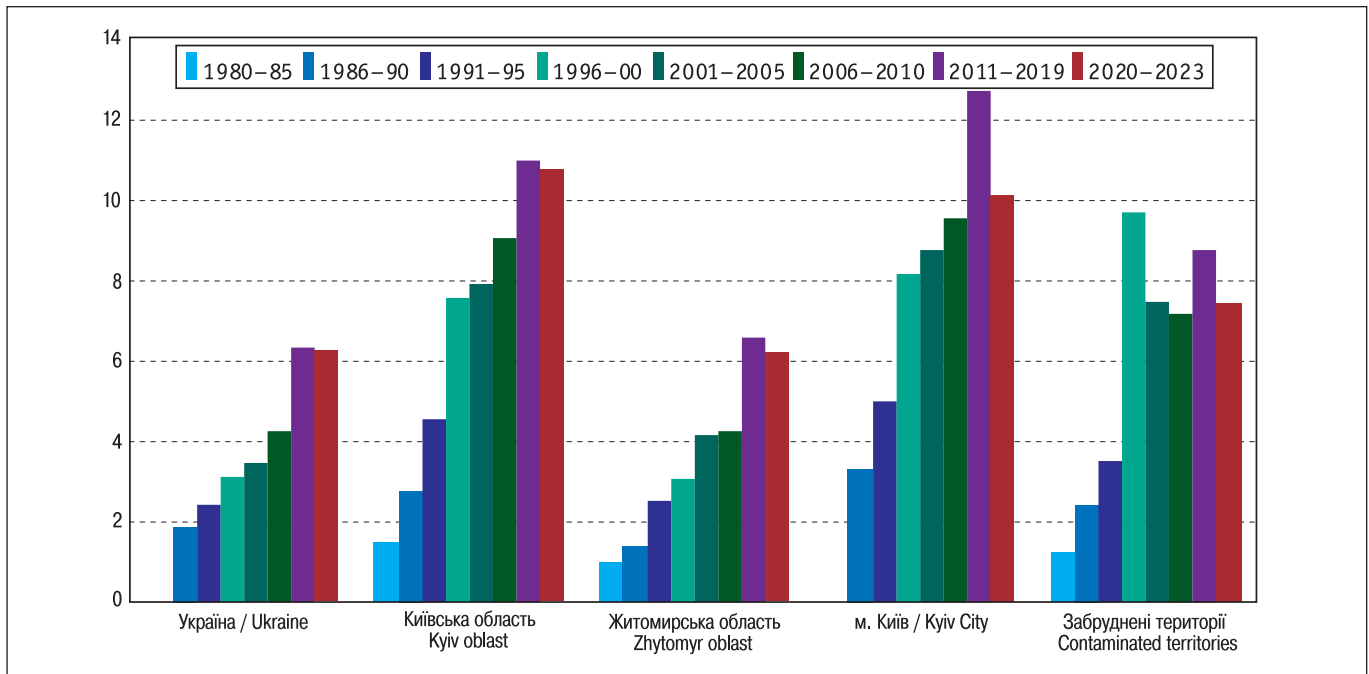
Among other nosological forms of MN, the highest rates of frequency increase were observed for thyroid cancer (regression coefficient in women –  $b = 0.30 \pm 0.05$ , in men –  $b = 0.07 \pm 0.02$ ), (Fig. 3). Research results [13–15] indicate a high sensitivity of this organ to radiation carcinogenesis.

Comparison of the incidence rates of thyroid cancer in residents of the RCT –  $(7.4 \pm 1.0) \cdot 10^{-5}$  with the national rates –  $(6.2 \pm 0.1) \cdot 10^{-5}$  in



**Рисунок 2.** Захворюваність на РМЗ (МКХ-10: C50) жіночого населення України, Київської, Житомирської областей та найбільш забруднених радіонуклідами районів у 1980–2023 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 жінок)

**Figure 2.** Breast cancer incidence (ICD10 codes C50) in the female population of Ukraine, Kyiv, Zhytomyr regions and the territories most heavily contaminated with radionuclides in 1980–2023 (age-adjusted incidence rates per 100 000 females)



**Рисунок 3. Динаміка захворюваності на РЩЗ (МКХ-10: C73) населення України, Житомирської, Київської областей, м. Києва та найбільш забруднених радіонуклідами територій у 1980–2023 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 осіб)**

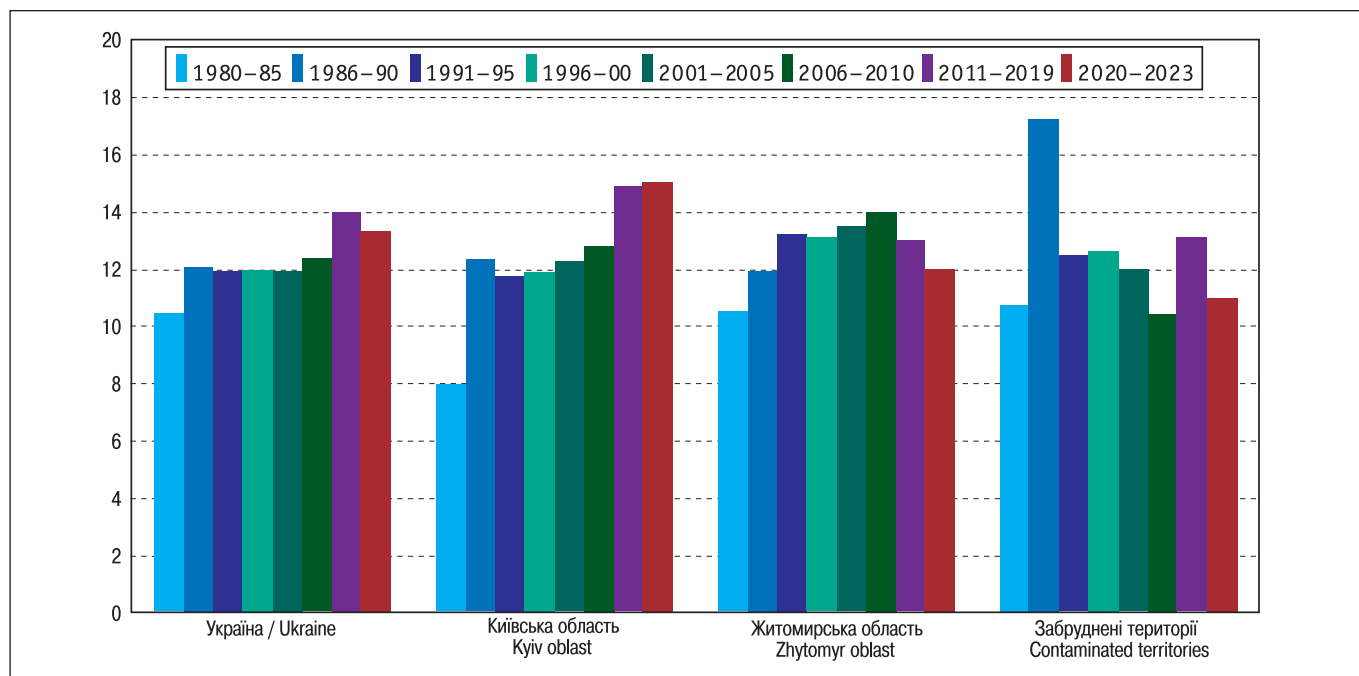
**Figure 3. Thyroid cancer incidence (ICD10 codes C73) in the population of Ukraine, Kyiv, Zhytomyr regions, Kyiv city and the territories most heavily contaminated with radionuclides in 1980–2023 (age-adjusted incidence rates per 100 000)**

ними показниками –  $(6,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$  в 2020–2023 рр. не демонструє їх достовірне перевищення ( $p > 0,05$ ). Привертає увагу те, що серед аналізованих у розрізі територій показників більш рівномірне та плавне зростання має місце в Україні в цілому. Найбільш високі темпи зростання показників захворюваності відмічені у мешканців Київської області та м. Києва. Разом з тим, впродовж 2020–2023 рр. відмічено зменшення рівня захворюваності на цих територіях, а також на РЗТ, що з найбільшою вірогідністю пов'язане із впливом форс-мажорних обставин на виявлення і реєстрацію випадків ЗН в Україні в цілому.

Злоякісні новоутворення лімфоїдної, кровотворної та споріднених тканин серед усіх форм ЗН займають особливе місце внаслідок найкоротшого латентного періоду їх виникнення [16, 17]. Помітне зростання ризиків лейкемії було першим і найбільш вираженим ефектом радіаційного впливу, який спостерігали у мешканців міст Хіросіми і Нагасакі, які пережили атомне бомбардування – ERR/Gy 3.1 (95 % ДІ: 1.8–4.3) [16]. На відміну від населення великих територіальних одиниць (Житомирська, Київська області, Україна в цілому) у мешканців РЗТ у найближчому післяаварійному періоді (1986–1990 рр.) спостерігалось суттєве зростання частоти цієї патології (у 1,6 раза). Це ілюструє рисунок 4.

2020–2023 does not demonstrate their significant excess ( $p > 0.05$ ). It is noteworthy that among the indicators analyzed by territory, a more uniform and smooth growth occurs in Ukraine as a whole. The highest morbidity rates increase was observed among residents of the Kyiv region and Kyiv city. However, during 2020–2023, a decrease in the incidence rate was observed in these territories, as well as in the RCT, which is most likely due to the impact of force majeure on the cases diagnostics and registration quality in Ukraine as a whole.

Malignant neoplasms of lymphoid, hematopoietic and related tissues occupy a special place among all forms of MNs due to the shortest latent period of their occurrence [16, 17]. A noticeable increase in the risk of leukemia was the first and most pronounced effect of radiation exposure, which was observed in residents of the cities of Hiroshima and Nagasaki, who survived the atomic bombing – ERR/Gy 3.1 (95 % CI: 1.8–4.3) [16]. A significant increase in the frequency of this pathology (by 1.6 times) was observed in residents of the RCT in contrast to the population of large territorial units (Zhytomyr, Kyiv regions, Ukraine as a whole), in the immediate post-accident period (1986–1990). This is illustrated in Figure 4.



**Рисунок 4.** Захворюваність на ЗН лімфоїдної, кровотворної та споріднених тканин (МКХ-10: C81–C96) населення України, Житомирської, Київської областей та РЗТ у 1980–2023 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 населення)

**Figure 4.** Leukemia and lymphoma incidence (ICD10 codes C81–C96) in population of Ukraine, Kyiv, Zhytomyr regions and the most contaminated with radionuclide's territories in 1980–2023 (age-adjusted incidence rates per 100 000)

У наступні роки було відмічене поступове зниження їх частоти до рівня доаварійних показників. Дана ситуація вписується в радіаційну модель розвитку, що свідчить про існування короткого латентного періоду після експозиції (2–5 років), суттєвого зростання частоти цієї патології із подальшим поступовим її зменшенням до вихідних значень. Рівень захворюваності на дану патологію мешканців забруднених радіонуклідами територій практично не відрізнявся від національного показника –  $(11,4 \pm 1,1) \cdot 10^{-5}$  та  $(13,3 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$ ,  $p > 0,05$ . Привертає увагу зниження показників у 2020–2023 рр.

Отримані результати за всіма сумарно та окремими нозологічними формами ЗН дають підстави для висновку про зниження показників захворюваності, яке зумовлене впливом форс-мажорних обставин у 2020–2023 рр. Це свідчить про необхідність використання засобів елімінації такого впливу. Ми дійшли висновку про доцільність застосування методу регресійного аналізу, який дає можливість оцінити величину можливих показників, спираючись на базові тенденції у захворюваності в минулому періоді. Ці розрахунки ілюструє таблиця 1.

Визначені рівні очікуваних показників захворюваності на ЗН свідчать про їх значні відмінності у 2020–2023 рр. від зареєстрованих. Різниця між се-

In the following years, a gradual decrease in their frequency to the level of pre-accident indicators was noted. This situation fits into the radiation development model, which indicates the existence of a short latent period after exposure (2–5 years), a significant increase in the frequency of this pathology with its subsequent gradual decrease to the initial values. The incidence rate of this pathology among residents of RCT practically did not differ from the national indicator –  $(11.4 \pm 1.1) \cdot 10^{-5}$  and  $(13.3 \pm 0.1) \cdot 10^{-5}$ ,  $p > 0.05$ . The decrease in indicators in 2020–2023 is noteworthy.

The results obtained for all total and specific nosological forms of MN give grounds for concluding that the incidence rates decreased due to the influence of force majeure circumstances in 2020–2023. This indicates the need to use means to eliminate such influence. We concluded that it is appropriate to use the regression analysis method, which makes it possible to estimate the magnitude of possible indicators based on the basic incidence trends in the past period. These calculations are illustrated in Table 1.

The determined levels of expected MNs incidence rates indicate their significant differences in 2020–2023 from the registered ones. The differ-

## Таблиця 1

Аналіз динаміки захворюваності на ЗН мешканців РЗТ у 2007–2023 рр. із залученням регресійного аналізу ( $y = a + bx$ )

Table 1

Regression analysis of the dynamics of cancer incidence rates in residents of the territories most heavily contaminated with radionuclides in 2007–2023 ( $y = a + bx$ )

| Величини для<br>обрахунку                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         | Захворюваність на 100 000 населення<br>(фактична і розрахункова на основі регресійного аналізу – регр. аналіз) |                                |                  |                                |                  |                                |                     |                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         | Incidence rates per 100 000 (actual and calculated based on regression analysis (regr. analysis))              |                                |                  |                                |                  |                                |                     |                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         | C00–C96 <sup>1</sup>                                                                                           | Регр. аналіз<br>Regr. analysis | C50 <sup>2</sup> | Регр. аналіз<br>Regr. analysis | C73 <sup>3</sup> | Регр. аналіз<br>Regr. analysis | C81–96 <sup>4</sup> | Регр. аналіз<br>Regr. analysis |
| Коефіцієнт регресії (b)<br>Regression coeff. (b)                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         | 2,79 ± 0,72                                                                                                    | –                              | 1,37 ± 0,34      | –                              | 0,20 ± 0,13      | –                              | 0,22 ± 0,18         | –                              |
| Рік<br>спостереження<br>Year<br>of observation                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2006(a) | –                                                                                                              | 182,3                          | –                | 27,1                           | –                | 7,0                            | –                   | 11,0                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2020    | 188,3                                                                                                          | 221,4                          | 36,51            | 46,31                          | 5,32             | 9,83                           | 13,90               | 14,06                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2021    | 179,4                                                                                                          | 224,2                          | 35,02            | 47,68                          | 8,73             | 10,02                          | 10,04               | 14,28                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2022    | 172,7                                                                                                          | 227,0                          | 37,95            | 49,05                          | 4,25             | 10,22                          | 9,58                | 14,50                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 2023    | 222,6                                                                                                          | 229,8                          | 41,31            | 50,43                          | 11,43            | 10,42                          | 12,08               | 14,72                          |
| Середнє за останніх<br>4 роки значення (x)<br>Average in the last<br>4 years x-value                                                                                                                                                                                                                                                  |         | 190,8                                                                                                          | 225,6                          | 37,7             | 48,4                           | 7,43             | 10,13                          | 11,4                | 14,39                          |
| Різниця з середнім<br>значенням (%)<br>Difference %                                                                                                                                                                                                                                                                                   |         | 18,2                                                                                                           | –                              | 28,3             | –                              | 36,2             | –                              | 26,3                | –                              |
| Примітки. <sup>1</sup> C00–C96 – усі ЗН, <sup>2</sup> C50 – ЗН молочної залози, <sup>3</sup> C73 – ЗН щитоподібної залози, <sup>4</sup> C81–96 – лімфоми та лейкомії<br>Notes. <sup>1</sup> C00–C96 – all cancers, <sup>2</sup> C50 – breast cancer, <sup>3</sup> C73 – thyroid cancer, <sup>4</sup> C81–96 – lymphomas and leukemias |         |                                                                                                                |                                |                  |                                |                  |                                |                     |                                |

редніми значеннями даних, отриманих із застосуванням регресійного аналізу, та фактичними даними свідчить про суттєву недооцінку рівня реальної захворюваності на основі офіційно зареєстрованих показників. При цьому, величини можливих реальних показників, що слід очікувати при елімінації форс-мажорних обставин, згідно з нашими розрахунками, можуть скласти для усіх нозологічних форм ЗН – 18,2 %, для раку молочної залози – 28,3 %, для раку щитоподібної залози – 36,2 %, для ЗН лімфоїдної, кровотворної та споріднених тканин – 26,3 %. Особливістю розрахованих показників є те, що вони перевищують національні за всіма досліджуваними формами ЗН, при цьому найвищі з них отримані для радіаційно-чутливих форм раку.

Наведені дані дають змогу оцінити можливий негативний вплив зазначених форс-мажорних подій на результати процесу моніторингу захворювань на ЗН та внести корективи у оцінку і інтерпретацію показників.

## УЗАГАЛЬНЕННЯ І ВИСНОВКИ

Епідеміологічному вивченню онкологічних наслідків аварії на Чорнобильській АЕС сприяла розробка та заснування в Україні НКРУ, створення його

ence between the average values of the data obtained using regression analysis and the officially registered data indicates a significant underestimation of the real incidence level based on officially registered indicators. At the same time, the values of possible real indicators that should be expected when eliminating force majeure circumstances, according to our calculations, may be 18.2 % for all nosological forms of MNs, 28.3 % for breast cancer, 36.2 % for thyroid cancer, and 26.3 % for NCDs of lymphoid, hematopoietic and related tissues. A feature of the calculated indicators is that they exceed the national ones for all studied forms of MN, while the highest ones were obtained for radiation-sensitive forms of cancer. The presented data make it possible to assess the possible negative impact of the above-mentioned force majeure events on the results of the process of MN cases monitoring and to make adjustments to the assessment and interpretation of indicators.

## SUMMARY AND CONCLUSIONS

The epidemiological study on the oncological consequences of the Chornobyl accident was facilitated by the development and establishment of the

інформаційної технології, програмного та інформаційного забезпечення, а також ДРУ. Дослідження проводилися в основних групах населення, що постраждали внаслідок Чорнобильської аварії, в тому числі, у мешканців РЗТ.

За даними дослідження, показники захворюваності на всі ЗН загалом серед мешканців РЗТ були одними з найнижчих в Україні із коливаннями від  $169,6 \cdot 10^{-5}$  в 2006 році, до  $213,9 \cdot 10^{-5}$  у 2015–2019 рр. В той же час, у динаміці спостереження визначено поступове зростання показників захворюваності з наближенням до значень по Житомирській області.

Щодо захворюваності на окремі форми ЗН, що належить до нозологічних форм ЗН із підвищеною чутливістю до дії радіаційного опромінення, найбільш високі темпи зростання частоти відмічені щодо РЩЗ (у жінок коефіцієнт регресії  $b = 0,30 \pm 0,22$ , у чоловіків –  $b = 0,10 \pm 0,02$ ). Порівняння показників захворюваності на РЩЗ мешканців РЗТ –  $(7,4 \pm 0,6) \cdot 10^{-5}$  із загальнонаціональними показниками –  $(6,2 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$  ( $p > 0,05$ ) з урахуванням того, що в попередні періоди спостерігався стійкий ексцес цієї патології серед мешканців РЗТ, свідчить, що тенденція до перевищення досі має місце.

У мешканців РЗТ в найближчому післяаварійному періоді (1986–1990 рр.) також спостерігалось суттєве зростання частоти (у 1,6 раза) злویксісних новоутворень лімфоїдної, кровотворної та споріднених тканин, що відповідає класичним характеристикам радіаційно-зумовленого канцерогенезу. У наступні роки було відмічено поступове зниження їх частоти до рівня доаварійних показників.

Захворюваність на рак молочної залози мешканок РЗТ, хоча і не перевищувала загальні популяційні рівні, характеризувалась високими темпами зростання впродовж всього періоду спостереження.

У процесі виконання роботи з вивчення захворюваності на ЗН мешканців РЗТ встановлено, що в останньому досліджуваному періоді (2020–2023 рр.) відбулись деякі зміни у трендових моделях: зростання частоти цієї патології, ймовірно зумовлені форсмажорними обставинами, які суттєво вплинули на якість діагностики і реєстрації захворювань на ЗН та оцінки демографічних процесів у країні. У зв'язку з цим, для коректної оцінки спостережуваного рівня захворюваності на ЗН застосовано метод апроксимації трендових моделей за попередні роки та їх екстраполяції на 2020–2023 рр. із використанням регресійного аналізу. Отримані дані дають підстави до висновку про збереження в 2020–2023 рр. попередніх часових тенденцій до зростання частоти ЗН та

NCRU, the elaboration of its information technology, software and information support, as well as the SRU. The studies were conducted in the main population groups affected by the Chornobyl accident, including residents of the RCT

According to the study, the incidence rates for all MNs in general among residents of the RCT were among the lowest in Ukraine, fluctuating from  $169.6 \cdot 10^{-5}$  in 2006 to  $213.9 \cdot 10^{-5}$  in 2015–2019. At the same time, the dynamics of observation revealed a gradual increase in incidence rates approaching the values for the Zhytomyr region.

Regarding the incidence of certain forms of MN, which belong to the nosological forms of ZN with increased radiation sensitivity to the effects of radiation exposure, the highest rates of the frequency increase were observed for thyroid cancer (in women, the regression coefficient is  $b = 0.30 \pm 0.22$ , in men,  $b = 0.10 \pm 0.02$ ). Comparison of the incidence of thyroid cancer among residents of the most polluted areas –  $(7.4 \pm 0.6) \cdot 10^{-5}$  with the national indicators –  $(6.2 \pm 0.1) \cdot 10^{-5}$  ( $p > 0.05$ ), taking into account the fact that a stable excess of this pathology was observed among residents of the RCT in previous periods, indicates that the excess tendency still exists.

In the immediate post-accident period (1986–1990), residents of the RCT experienced a significant increase in the frequency (1.6 times) of malignant neoplasms of lymphoid, hematopoietic and related tissues, which corresponds to the classical characteristics of radiation-induced carcinogenesis. In subsequent years, a gradual decrease in their frequency to the pre-accident level was noted.

The incidence of breast cancer among residents of the RCT was characterized by high growth of rates throughout the entire observation period, although not exceeding general population levels.

In the process of studying the MNs incidence among residents of the RCT, it was found that in the last studied period (2020–2023), some changes occurred in the trend models of this pathology frequency, probably due to force majeure circumstances, which significantly affected the quality of diagnostics and registration of MNs cases and the assessment of demographic processes in the country. In this regard, for a correct assessment of the observed MNs incidence the regression analysis method was used approximating trend models for previous years and their extrapolation to 2020–2023. The data obtained give grounds for conclusion on preserving the previous time trends in the

її окремих нозологічних форм, які вважаються радіаційно-зумовленими, а також про необхідність враховувати ймовірний вплив форс-мажорних обставин на визначені рівні показників.

### Джерела підтримки

Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи ННЦРМГО, яка фінансувалась з бюджету Національної академії медичних наук України (№ держреєстрації (0125U001226).

### Конфлікт інтересів

Автори не розголошують конфіденційну інформацію та не мають жодної приналежності або фінансової зацікавленості в будь-якій організації, яка могла б створити конфлікт інтересів.

increase in MNs frequency in total and their specific forms, which are considered to be radiation-related in 2020–2023. The need to take into account the likely impact of force majeure circumstances on the specified levels of indicators is also grounded.

### Sources of support

The study was performed within the framework of the research work of the NRCRMHO, which was funded from the budget of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine (state registration number #0125U001226).

### Conflict of interest

The authors neither disclose confidential information nor have any affiliation or financial interest in any organization that could create a conflict of interest.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Evaluation of data quality at the National Cancer Registry of Ukraine / A. Ryzhov, F. Bray, J. Ferlay et al. *Cancer-epidemiology*. 2018. Vol. 53, April 2018, P. 156-165.
2. Recent cancer incidence trends in Ukraine and short-term predictions to 2022 / A. Ryzhov, F. Bray, J. Ferlay et al. *Cancer-epidemiology*. 2020, Vol. 65, April 2020, P. 101663.
3. Michailovich Yu., Sumkina O., Gorokh Ye. Cancer incidence in Ukraine: trends in 2010-2019 and the impact of COVID-19 pandemic. *Exp Oncol*. 2023. Vol. 45, no. 4. P. 463-473.
4. Рак в Україні, 2021–2022. Захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби / З. П. Федоренко, О. В. Сумкіна, Є. Л. Горох та ін. *Бюлетень Національного канцер-реєстру України*. 2023. № 24. 145 с.
5. Рак в Україні, 2022–2023. Захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби / З. П. Федоренко, О. В. Сумкіна, Є. Л. Горох та ін. *Бюлетень Національного канцер-реєстру України*. 2024. № 25. 131 с.
6. Національні демографічні прогнози. URL: [https://idss.org.ua/forecasts/nation\\_pop\\_proj](https://idss.org.ua/forecasts/nation_pop_proj)
7. Стратегія демографічного розвитку України на період до 2040 року / <https://ageing-policies.unece.org/api/public/attachments/view/2d110b85-41ba-4599-804f-342c102d079c>.
8. Кількість українців та їх міграція за кордон через війну. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3732355-killist-ukrainciv-ta-ih-migracia-za-kordon-cerez-vijnu.html>
9. Епідеміологічне дослідження формування ризиків злоякісних новоутворень у групах постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС (1990–2019 рр.) : Звіт про НДР, № держреєстрації 0119U100525, 2019-2021 рр.; А. Є. Присяжнюк, Н. А. Гудзенко, М. М. Фузік, Н. К. Троцюк, Н. Г. Бабкіна, О. М. Хухрянська.
10. А. Є. Присяжнюк, Н. А. Гудзенко, М. М. Фузік, Н. Г. Бабкіна, О. М. Хухрянська, С. А. Даневич [Дослідження основних чинників

## REFERENCES

1. Ryzhov A, Bray F, Ferlay J, Fedorenko Z, Goulak L, Gorokh Ye, et al. Evaluation of data quality at the National Cancer Registry of Ukraine. *Cancer-epidemiology*. 2018;53(April 2018):156-165.
2. Ryzhov A, Bray F, Ferlay J, Fedorenko Z, Goulak L, Gorokh Ye, et al. Recent cancer incidence trends in Ukraine and short-term predictions to 2022. *Cancer-epidemiology*. 2020;65(April 2020):101663.
3. Michailovich Yu, Sumkina O, Gorokh Ye. Cancer incidence in Ukraine: trends in 2010-2019 and the impact of COVID-19 pandemic. *Exp Oncol*. 2023;45(4):463-473.
4. Fedorenko Z, Sumkina O, Gorokh Ye, Goulak L, Ryzhov A. Cancer in Ukraine 2021 - 2022: Incidence, mortality, prevalence and other relevant statistics. *Bulletin of the National Cancer Registry of Ukraine*. Vol. 24. Kyiv; 2023. 145 p.
5. Fedorenko Z, Sumkina O, Gorokh Ye, Goulak L, Ryzhov A. Cancer in Ukraine 2022–2022: Incidence, mortality, prevalence and other relevant statistics. *Bulletin of the National Cancer Registry of Ukraine*. Vol. 25. Kyiv; 2024. 131 p.
6. [National demographic projections]. URL: [https://idss.org.ua/forecasts/nation\\_pop\\_proj](https://idss.org.ua/forecasts/nation_pop_proj) . Ukrainian.
7. [Demographic Development Strategy of Ukraine for the period until 2040]. URL: <https://ageing-policies.unece.org/api/public/attachments/view/2d110b85-41ba-4599-804f-342c102d079c>. Ukrainian.
8. [The number of Ukrainians and their migration abroad due to the war]. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3732355-killist-ukrainciv-ta-ih-migracia-za-kordon-cerez-vijnu.html>. Ukrainian.
9. Prisyazhnyuk AE, Gudzenko NA, Fuzik MM, Trotsyuk NK, Babkina NG, Khukhryanska OM. [Epidemiological study of the formation of risks of malignant neoplasms in groups of victims of the Chornobyl accident (1990–2019)]. Final report. Kyiv: National Research Center for Radiation Medicine of the NAMS of Ukraine; 2021. State registration number 0119U100525, 2019-2021. Ukrainian.

- формування рівнів захворюваності на злоякісні новоутворення мешканців забруднених радіонуклідами територій, евакуйованих із зони відчуження, ліквідаторів 1986–1987 рр. по результатах епідеміологічного моніторингу за період 1990–2022 рр.]. Заключний звіт про НДР, державний реєстраційний номер 0122U001426. Київ: Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України; 2024.
11. Bazyka D. A., Lytvynenko O. O., Litvinenko O. O. Influence of ionizing radiation on the development of breast. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2023. Vol. 28, P. 22-48. DOI: 10.33145/2304-8336-2023-28-22-48.
  12. Incidence of Breast Cancer in the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors: 1958–2009 / A. V. Brenner, D. L. Preston, R. Sakata et al. *Radiat. Res.* 2018. Vol. 190, no. 4. P. 433-444. DOI: 10.1667/RR15015.1.
  13. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958–1998 / D. L. Preston, E. Ron, S. Tokuoka et al. *Radiat. Res.* 2007. Vol. 168, no. 1. P. 1-64. DOI: 10.1667/RR0763.1.
  14. Thyroid diseases among atomic bomb survivors / M. Imaizumi, K. Furukawa, W. Ohishi, A. Hida. *Radiat. Prot. Dosimetry.* 2018. Vol. 182, no. 1. P. 62-66. DOI: 10.1093/rpd/ncy157.
  15. Long-term trend of thyroid cancer risk among Japanese atomic-bomb survivors: 60 years after exposure / K. Furukawa, D. Preston, S. Funamoto et al. *Int. J. Cancer.* 2013. Vol. 132. no. 5. P. 1222-1226. DOI: 10.1002/ijc.27749.
  16. The incidence of leukemia, lymphoma and multiple myeloma among atomic bomb survivors: 1950–2001 / W. L. Hsu, D. L. Preston, M. Soda et al. *Radiat. Res.* 2013. Vol. 179, no. 3. P. 361-382. DOI: 10.1667/RR2892.1.
  17. Radiation exposure and leukaemia risk among cohorts of persons exposed to low and moderate doses of external ionising radiation in childhood / M. P. Little, R. Wakeford, L. B. Zablotska et al. *Br. J. Cancer.* 2023. Vol. 129, no. 7. P. 1152-1165. DOI: 10.1038/s41416-023-02387-8.
  10. Prysyazhnyuk AE, Gudzenko NA, Fuzik MM, Babkina NG, Khukhryanska OM, Danevych SA. [Research into the main factors shaping the incidence rates of malignant neoplasms among residents of radionuclide-contaminated territories, evacuated from the exclusion zone, and liquidators in 1986–1987 based on the results of epidemiological monitoring for the period 1990–2022]. Final report. Kyiv: National Research Center for Radiation Medicine of the NAMS of Ukraine; 2024. State registration number 0122U001426 Ukrainian.
  11. Bazyka DA, Lytvynenko OO, Litvinenko OO. Influence of ionizing radiation on the development of breast. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2023;28:22-48. doi: 10.33145/2304-8336-2023-28-22-48.
  12. Brenner AV, Preston DL, Sakata R, Sugiyama H, Berrington de Gonzalez A, French B, et al. Incidence of breast cancer in the Life Span Study of Atomic Bomb Survivors: 1958–2009. *Radiat Res.* 2018;190(4):433-444. doi: 10.1667/RR15015.1.
  13. Preston DL, Ron E, Tokuoka S, Funamoto S, Nishi N, Soda M, et al. Solid cancer incidence in atomic bomb survivors: 1958–1998. *Radiat Res.* 2007;168(1):1-64. doi: 10.1667/RR0763.1.
  14. Imaizumi M, Furukawa K, Ohishi W, Hida A. Thyroid diseases among atomic bomb survivors. *Radiat Prot Dosimetry.* 2018; 182(1):62-66. doi: 10.1093/rpd/ncy157.
  15. Furukawa K, Preston D, Funamoto S, Yonehara S, Ito M, Tokuoka S, 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.
  16. Hsu WL, Preston DL, Soda M, Sugiyama H, Funamoto S, Kodama K, et al. The incidence of leukemia, lymphoma and multiple myeloma among atomic bomb survivors: 1950–2001. *Radiat Res.* 2013; 179(3):361-382. doi: 10.1667/RR2892.1.
  17. Little MP, Wakeford R, Zablotska LB, Borrego D, Griffin KT, Allodji RS, et al. Radiation exposure and leukaemia risk among cohorts of persons exposed to low and moderate doses of external ionising radiation in childhood. *Br J Cancer.* 2023;129(7):1152-1165. doi: 10.1038/s41416-023-02387-8.

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Гудзенко Наталія Анатоліївна**, доктор медичних наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2987-2382>

**Присяжнюк Анатолій Євтихійович**, доктор медичних наук, професор, провідний науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ

**Фузік Микола Миколайович**, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6494-0021>

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Natalia A. Gudzenko**, Doctor of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Cancer Epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2987-2382>

**Anatoly Ye. Prysyazhnyuk**, Doctor of Medical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Laboratory for cancer epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

**Mykola M. Fuzik**, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory for Cancer Epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRMHO, Kyiv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6494-0021>

**Сумкіна Олена Володимирівна**, провідний інженер, Державне некомерційне підприємство «Національний інститут раку», відділення медичної статистики з Національним канцер-реєстром, м. Київ, Україна

**Хухрянська Олена Миколаївна**, науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ, Україна

**Бабкіна Наталія Георгіївна**, науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ, Україна

**Даневич Світлана Анатоліївна**, молодший науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМГО, м. Київ, Україна

**Olena V. Sumkina**, Senior Engineer, State Non-profit Institution «The National Cancer Institute», department for Medical Statistics with National Cancer Registry, Kyiv, Ukraine

**Olena M. Khukhrianska**, Researcher of Laboratory for Cancer Epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRMO, Kyiv, Ukraine

**Natalia G. Babkina**, Researcher of Laboratory for Cancer Epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRMO, Kyiv, Ukraine

**Svetlana A. Danevich**, Junior Researcher of Laboratory for Cancer Epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRMO, Kyiv, Ukraine

*Стаття надійшла до редакції 11.10.2025*

*Received: 11.10.2025*