

УДК 616-006:616-001.28:614-876:616-036.22

А. Є. Присяжнюк¹, Д. А. Бази́ка¹, А. Ю. Романенко¹, Н. А. Гудзенко¹, М. М. Фузік¹✉,
Н. К. Троцюк¹, З. П. Федоренко², Л. О. Гулак², К. М. Сліпенюк¹, Н. Г. Бабкіна¹,
О. М. Хухрянська¹, Є. Л. Горох², Ж. М. Берестяна¹

¹Державна установа “Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України”, вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна

²Національний інститут раку, вул. Ломоносова, 33/43, Київ, 03022, Україна

ЧВЕРТЬ СТОЛІТТЯ ПІСЛЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АВАРІЇ: РИЗИК РАКУ В ГРУПАХ ПОСТТРАЖДАЛОГО НАСЕЛЕННЯ

Метою дослідження було визначення рівня та динаміки захворюваності на злоякісні новоутворення в цілому та на окремі нозологічні форми в групах населення України, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС, впродовж тривалого періоду спостереження.

Матеріали та методи. Групами спостереження були учасники ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС (УЛНА) 1986–1987 рр. участі, евакуйовані з м. Прип'ять, 30-км зони та мешканці найбільш забруднених радіонуклідами територій України. Аналіз проведено з використанням стандартних методів дескриптивної епідеміології: розрахунки інтенсивних, вікових та стандартизованих за віком показників включно із визначенням стандартної похибки та довірчого інтервалу.

Результати, обговорення та висновки. Встановлено, що захворюваність на всі нозологічні форми злоякісних новоутворень перевищує національні показники тільки в групі УЛНА 1986–1987 рр. участі. У мешканців радіоактивно забруднених територій в останні роки відмічено зниження рівня захворюваності, що може бути пов'язано зі скороченням середньої очікуваної тривалості життя, особливо чоловіків. Також було зареєстровано зростання ризику захворюваності на лейкемію серед УЛНА. Крім того, в усіх трьох основних групах постраждалих виявлено значний ексцес захворюваності на рак щитоподібної залози. Опромінення щитоподібної залози внаслідок дії опадів радіоактивного йоду може бути головною причиною встановленого ексцесу цієї патології. Зростання захворюваності на рак щитоподібної залози зареєстровано не тільки у дітей, але також у підлітків та дорослих. Кількість надлишкових випадків раку щитоподібної залози, як наслідку радіаційного опромінення, має тенденцію до зростання з плином часу. Суттєве підвищення захворюваності на рак молочної залози було виявлено у жінок УЛНА 1986–1987 рр. участі. Оскільки латентний період для різних нозологічних форм радіаційно індукованих пухлин відрізняється, у подальших дослідженнях слід приділяти увагу не тільки зазначеним формам злоякісних пухлин, але й новоутворенням з більш тривалим латентним періодом: легенів, шлунку, прямої кишки, яєшника, сечового міхура, нирки та множинній мієломі.

Ключові слова: аварія на ЧАЕС, іонізуюча радіація, постраждали внаслідок аварії, злоякісні новоутворення, лейкемія, рак щитоподібної залози, рак молочної залози

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2014. Вип. 19. С. 147–169.

✉ Фузік Микола Миколайович, e-mail: mfuzik@gmail.com

A. Ye. Prisyazhnyuk¹, D. A. Bazyka¹, A. Yu. Romanenko¹, N. A. Gudzenko¹, M. M. Fuzik¹✉,
N. K. Trotsyuk¹, Z. P. Fedorenko², L. O. Gulak², K. M. Slipenyuk¹, N. G. Babkina¹,
O. M. Khukhrianska¹, Ye. L. Goroh², Zh. M. Berestyana¹

¹State Institution “National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, Melnykov str., 53, Kyiv, 04050, Ukraine

²National Cancer Institute, 33/43 Lomonosov str., Kyiv, 03022, Ukraine

Quarter of century since the Chernobyl accident: cancer risks in affected groups of population

Objective. The goal of this study was to define levels and dynamic trends of cancer incidence at whole and some separate sites in groups of Ukrainian population affected by the Chernobyl accident during a long period of observation.

Materials and methods. Those groups were Chernobyl accident recovery operation workers (CRW) of 1986-1987 years of participation, evacuees from Prypyat town and 30-km zone and residents of the most contaminated territories of Ukraine. Analysis was carried out with the standard methods of descriptive epidemiology: calculation of crude, age-specific and age-adjusted incidence rates with standard errors and confidence intervals.

Results, discussion and conclusions. This study showed that all cancer incidences exceeded the national level only in CRW group. Decrease of cancer incidence rate in the recent years might be caused by shortened average life expectancy in Ukrainian population, especially in males. Statistically significant increase of leukemia incidence in CRW group was registered as well. Besides, in all three main affected groups there was revealed significant excess of thyroid cancer. Irradiation of thyroid due to radioactive iodine fallouts might be a main cause of this phenomenon. Increase of thyroid cancer incidence was registered not only in children, but also in adolescents and adults. Appearance of excess thyroid cancer cases as an effect of radiation exposure tends to increase during the time. Significant excess was also revealed for breast cancer in female CRW group. Because latency period for different nosological forms of radiation-induced malignant tumors varies widely, profound attention in further studies should be drawn not only to thyroid, breast cancers and leukemia, but also to malignancies with longer latent period: lung, stomach, colon, ovary, urinary bladder, kidney cancer and multiple myeloma.

Key words: Chernobyl accident, ionizing radiation, malignant tumors, leukemia, thyroid cancer, breast cancer.

Problems of radiation medicine and radiobiology. 2014;19:147-169.

ВСТУП

Узагальнення даних щодо рівня, основних тенденцій динаміки захворюваності на злоякісні пухлини впродовж більш як 25-річного періоду після аварії на ЧАЕС, має не тільки практичне, але й теоретичне значення. Такі дослідження проводяться в трьох найбільш постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС країнах – Україні, Білорусі, Росії. В роботах [1–3] наведено дані щодо результатів досліджень захворюваності на злоякісні новоутворення в основних групах постраждалих України – ліквідаторів 1986–1987 рр. (когорта близько 100 тис. осіб), евакуйованих (близько 50 тис. осіб), жителів найбільш забруднених радіонуклідами територій (близько 200 тис. осіб). Серед цих категорій постраждалих рівень захворюваності на всі форми раку перевищив національні показники лише у групі ліквідаторів 1986–1987 рр. участі у аварійних роботах, тоді як у евакуйованих та мешканців забруднених територій показники були нижче.

INTRODUCTION

Generalizing of the data on cancer incidence and tendencies of its dynamics after more 25 years after the Chernobyl accident has not only practical but also theoretical interest. Such studies are performed in the three countries most heavily affected due to the Chernobyl accident – Ukraine, Belarus and Russia. In papers [1–3] main results are presented concerning cancer incidence in main groups of affected population of Ukraine. Those are Chernobyl accident recovery operation workers (CRW) participation in in recovery operation works 1986–1987 (a cohort 100 thousand), evacuees (50 thousand), residents of the territories most heavily contaminated with radionuclides (200 thousand). In these three groups only in CRW cancer incidence rate (all sites) exceeded the national level, but in evacuees and residents of contaminated territories those rates were lower than national ones.

Дані, накопичені Національним реєстром постраждалих Росії, свідчать про зростання частоти онкологічних захворювань в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, які отримали дози зовнішнього опромінення більше 0,1 Гр [4]. У жінок, які брали участь в ліквідації аварії на ЧАЕС, захворюваність на усі форми злоякісних новоутворень перевищила національні показники у 1,34 раза (довірчий інтервал – 1,17–1,79) [5].

Серед окремих форм злоякісних новоутворень найбільшу увагу викликав рак щитоподібної залози (РЩЗ) внаслідок драматичного зростання його частоти вже через 4 роки після аварії у наймолодшій групі населення. Це зростання вперше відзначене нами в 1990 р. у дітей, які проживали в трьох районах, розташованих в безпосередній близькості до ЧАЕС (Народицькому, Овруцькому, Поліському). Зареєстровано 3 дитини, хворих на рак щитоподібної залози. До цього випадків такої патології у дітей за весь період спостереження (з 1980 р.) не реєструвалось [6, 7]. Аналогічна ситуація спостерігалася в Білорусі та Росії [8, 9]. Грунтуючись на результатах тривалого спостереження популяції, експонованої до зовнішнього опромінення [10], можна очікувати, що зумовлений Чорнобильською аварією РЩЗ буде реєструватися ще багато років, хоча величини ризику не можуть бути чітко окреслені.

У серії опублікованих робіт представлені дослідження, метою яких було встановити радіаційну природу ризику раку щитоподібної залози після експозиції до ^{131}I в дитячому віці [11–13].

Отримані результати дають підстави зробити такі висновки:

- > лінійна залежність надлишкового абсолютного ризику РЩЗ знаходиться в діапазоні доз від 0,05 до 3 Гр;
- > статистично достовірне зростання частоти РЩЗ зареєстровано, починаючи з підгрупи з середніми дозами нижче 0,1 Гр.

Протягом тривалого часу не припиняється дискусія щодо того, чи є нижчим ризик РЩЗ внаслідок внутрішнього опромінення за рахунок ^{131}I у порівнянні з ризиком від зовнішнього опромінення [13, 14]. У дослідженнях, що передують Чорнобильській аварії, інформація щодо ризику РЩЗ у дітей за рахунок опромінення ^{131}I була досить обмежена, тоді як дані щодо наслідків зовнішнього опромінення (наприклад, японської когорти) були широко відомі [10, 14–17].

Екологічне дослідження в трьох найбільш забруднених радіоактивним йодом областях північної частини України, яке охоплює період з 1990р. по 2001р. серед дітей і підлітків віком 1–18 років на момент аварії [18,

Data those were collected in the National registry of affected population of the Russian Federation, suggest about the increase of oncological diseases frequency in Chernobyl accident recovery operation workers with doses of external irradiation more 0.1 Gy [4]. In women participated in recovery operation works, SIR for all cancers was 1.34 with 95% confidence interval (CI) 1.17 – 1.79 [5].

Among separate forms of malignant tumors the thyroid cancer drew highest attention because of a dramatic increase in youngest age group of population already after 4 years after the accident. This increase was noted firstly in 1990 in children, those were residing in the three districts closely adjacent to the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP). Three thyroid cancer cases were registered in children firstly since 1980 (starting year of observation). No such disease was diagnosed in children within all the survey period [6, 7]. Similar situation was observed in Belarus and Russia [8, 9]. Basing on results of long-term monitoring of the population exposed to external irradiation [10], it is expected that thyroid cancer cases related to the Chernobyl accident will be registered for many years, though evaluation of the risk are not clear.

There are published some papers [11–13] where there were presented studies aimed to define radiation origin of thyroid cancer after exposure with ^{131}I in childhood.

Obtained results allow to make the following conclusions:

- > linear excess absolute risk (EAR) dependence of thyroid cancer is located in dose range between 0.05 and 3 Gy;
- > statistical significant excess of thyroid cancer is registered in sub-group with average doses lower 0.1 Gy.

For a long time there is discussed a question whether thyroid cancer risk is lower due to internal exposure by ^{131}I than because of external irradiation [13, 14]. In studies performed before the Chernobyl accident an information about thyroid cancer risk in children exposed to ^{131}I was very limited while consequences of external irradiation (in Japanese cohort for instance) were well known [10, 14–17].

Ecological study performed in children and adolescents aged 1–18 and residing in the three oblasts of Northern Ukraine most heavily contaminated with radioactive iodine with observed period

19], дозволило розрахувати базові показники радіаційного ризику РЩЗ: надлишковий відносний ризик (ERR) на 1 Гр – 8,0 (95 % довірчий інтервал 4,6–11,0) і надлишковий абсолютний ризик (EAR) на 10 000 людино-Грей – 1,5 (95 % ДІ 1,2–1,9). Ці оцінки схожі з тими, які отримані в інших розрахунках, що узагальнюють матеріали семи незалежних досліджень [11].

Порівняльний аналіз захворюваності на РЩЗ через 20 років після Чорнобильської аварії в масштабах всієї України з урахуванням середніх по областях поглинених щитоподібною залозою доз опромінення дітей і підлітків (вік на момент аварії) дозволив встановити достовірний кореляційний зв'язок між факторіальними і результативними ознаками [20, 21]. Особливу увагу приділено наймолодшій субкогорті на момент опромінення – особам 1982–1986 рр. народження. Елімінація можливого скринінгового ефекту, досягнута шляхом порівняння показників захворюваності цієї субкогорти з показниками субкогорти, яка народилася після аварії (1987–1991 рр.), свідчить про те, що ексцес захворюваності, обумовлений радіаційним фактором, досить суттєвий. Кратність перевищення показників на момент досягнення згаданими субкогортами віку 10–14 років склала 9,7, а у віці 15–19 років – 3,4 раза. Крім того, зростання вікових показників захворюваності на найбільш забруднених територіях поступово з плином часу поширилось на дорослі вікові групи. У 1991 р. ексцес захворюваності спостерігався у віці 0–34 роки на момент аварії, в 2001 р. – у віці 0–54 роки на момент аварії.

На противагу зростанню частоти РЩЗ у опромінених в дитячому і підлітковому віці ефект експозиції у дорослих залишається не зовсім ясным. Дослідження, присвячені вивченню захворюваності на РЩЗ у дорослих, свідчать про незначне зростання частоти цієї патології внаслідок дії іонізуючого випромінювання [10, 13, 15]. При цьому слід зазначити, що в більшості згаданих робіт вивчалися ефекти дії джерел зовнішнього опромінення.

У дослідженні [22], присвяченому оцінці ризику РЩЗ у дорослих, які проживають на забруднених радіонуклідами територіях Брянської області, не було виявлено залежності доза-відповідь. На противагу цьому, дослідження [1, 2, 23], проведене в рамках франко-німецької ініціативи у трьох областях України – Житомирській, Київській, Чернігівській, в якому вивчалась частота РЩЗ у підлітків і дорослих на територіях з різним рівнем випадіння ¹³¹I, встановило таку залежність. Ефект експозиції до радіоактивного йоду має тенденцію до зростання з плином часу. Достатня статистична потужність цього дослід-

1990–2001 [18, 19] allowed to evaluate basic coefficients of thyroid cancer radiation risk: excess relative risk (ERR) / 1 Gy – 8.0 (95% CI 4.6–11.0) and excess absolute risk (EAR) per 10 thousand pGy – 1.5 (95% CI 1.2–1.9). These evaluations are similar to those ones in other calculations based on results of the seven independent studies [11].

Comparative analysis of thyroid cancer incidence rate 20 years after the Chornobyl accident in Ukraine with consideration of average per oblast absorbed thyroid doses of children and adolescents showed significant correlation dependence between factorial and resulting signs [20, 21]. Special attention was drawn to the youngest subcohort at the moment of exposure – individuals those were born in 1982–1986. After elimination of screening effect (reached by comparison thyroid cancer incidence rate in this subcohort and another one with persons born in 1987–1991) there was suggested significant radiation excess in the subcohort exposed in age 0–4. At attained age 10–14 thyroid cancer incidence rate in exposed subcohort was in 9.7 times higher comparing with unexposed one, and at attained 15–19 such excess was 3.4-fold. Besides excess of age-specific thyroid cancer incidence rates spread during the time to adult age groups. In 1991 excess of thyroid cancer incidence was registered in groups aged 0–34 and in 2001 – in ages 0–54 at the moment of the Chornobyl accident.

Unlike thyroid cancer incidence increase in exposed children and adolescents the effect of irradiation in adult age remains not enough clear. Studies of thyroid cancer morbidity in adults suggest a insignificant increase of thyroid cancer incidence due to ionizing radiation [10, 13, 15]. However in should be noted that in mentioned papers the effects of external sources of radiation were investigated.

In the study [22] that was dedicated to thyroid cancer risk evaluation in adult population residing in contaminated with radionuclides territories of Bryansk oblast, the “dose-response” dependence was not revealed. However in other study [1, 2, 23] that was performed in frames of the French-German Initiative in adolescents and adults in territories of Chernihiv, Kyiv and Zhitomir oblasts with different levels of ¹³¹I fallouts, such dependence was revealed. Effect of exposure to radioactive iodine tends to increase in time. Sufficient statistical power of this study

ження дала можливість обґрунтувати ці важливі висновки.

Лейкемія (виключаючи хронічну лімфоїдну лейкемію) асоціює з експозицією до іонізуючої радіації різних популяцій, включаючи тих, хто пережив атомне бомбардування Хіросіми і Нагасакі, осіб, яким проводилася радіотерапія, а також груп населення, експонованих у зв'язку зі своєю професійною діяльністю в медицині та ядерній промисловості [24]. Зростання ризику лейкемії відбувається в межах 2–5 років після експозиції, і надлишковий відносний ризик на одиницю дози (особливо у дітей) є одним з найвищих у порівнянні з іншими радіаційно-індукованими раками [25]. Захворюваність на лейкемію і смертність від цієї причини часто розглядається як “маркер” радіаційного ризику раку в експонованій популяції.

Результати досліджень ризику лейкемії у мешканців забруднених радіонуклідами територій та ліквідаторів до останнього часу не були достатньо переконливими. Дослідження ризику лейкемії у жителів найбільш забруднених радіонуклідами територій за своєю природою є екологічними і в цілому свідчать про зростання захворюваності на лейкемію з плином часу, але не вказують на зв'язок з рівнем забруднення радіонуклідами [7]. Приблизно про дворазове зростання ризику повідомляється у великій когорті ліквідаторів Росії з дозами опромінення між 150 і 300 мЗв [26]. Однак, оцінки доз у зазначених дослідженнях недостатньо чітко встановлені.

В Україно-американському проекті [27], присвяченому вивченню ризику лейкемії серед УЛНА, досліджувалась когорта із 110,6 тис. учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, які працювали в 30-км зоні в 1986–1990 рр. Встановлена величина надлишкового відносного ризику – 3,44 / Гр. (95 % довірчий інтервал 0,47–9,78, $p < 0,01$) узгоджується з даними, отриманими щодо жертв атомного бомбардування і вказує на відсутність відмінностей у ризику лейкемії внаслідок гострого чи хронічного опромінення.

Що стосується вивчення ризику солідних раків (виключаючи рак щитоподібної залози) внаслідок чорнобильського опромінення, то слід зазначити обмежену кількість таких досліджень [28]. Не було виявлено статистично значущого зростання захворюваності на солідні раки мешканців забруднених радіонуклідами територій Брянської і Калузької областей та ліквідаторів Росії [4, 29, 30].

Серед окремих нозологічних форм злоякісних новоутворень рак молочної залози (РМЗ) у зв'язку зі

allowed to make some quite important conclusions.

Leukemia (except chronic lymphoid leukemia) associates with exposure to ionizing radiation in different populations, including victims of A-bombing in Hiroshima and Nagasaki, patients subjected to radiation therapy, population groups subjected to occupational radiation exposure in medicine and nuclear industry [24]. Leukemia risk increases 2–5 years after exposure and ERR per unit of radiation dose is one of the highest (especially in children) among other radiation-induced malignancies [25]. Leukemia incidence and mortality are being often considered as a “marker” of radiation risk of cancer in exposed population.

Results of studies in residents of contaminated with radionuclides territories and in Chernobyl accident recovery operation workers concerning leukemia risk were not enough convincing. Ecological studies of leukemia in residents of the territories more heavily contaminated with radionuclides show increase of leukemia incidence in time, however do not point out association with the level of contamination with radionuclides [7]. Approximately two-fold increased leukemia risk is reported for a large cohort of Russian CRW with doses 150–300 mSv [26]. However values of doses in these listed studies are not defined enough clearly.

This defect was eliminated in the large-scaled Ukrainian-American project for study of leukemia risk in CRW, exposed to radiation when they worked in the Chernobyl zone [27]. There was formed a cohort of 110.6 thousand participants of recovery operation works in 30-kilometers zone in 1986–1990. Calculated ERR value 3.44 / Gy (95% CI 0.47–9.78, $p < 0.01$) corresponds with results in studies of A-bombing victims and suggest a lack of difference in leukemia risk at acute and chronic exposure.

It should be noted a limited number of studies concerning solid cancers risk due to the Chernobyl accident (except thyroid cancer) [28]. No statistically significant increase of solid cancer incidence was revealed in residents of contaminated with radionuclides territories of Bryansk and Kaluga oblasts and Russian Chernobyl accident recovery operation workers [4, 29, 30].

After the Chernobyl accident the breast cancer also draws some attention because of vulnera-

значною чутливістю до канцерогенної дії іонізуючої радіації також привертає особливу увагу після Чорнобильської аварії. Вивчення захворюваності на РМЗ в основному проводилося в рамках описативних епідеміологічних досліджень з метою встановлення можливих стохастичних ефектів у групах постраждалого населення. В наших дослідженнях [31,32] встановлено, що вже через 12 років після аварії спостерігалось істотне зростання захворюваності на РМЗ серед найбільш постраждалих груп населення. Ця тенденція збереглася і в наступні роки з найбільш вираженими темпами зростання у жінок-ліквідаторів [33, 34].

Істотне зростання частоти РМЗ відмічено у жінок-ліквідаторів Росії [5]. Величина стандартизованого співвідношення захворюваності (SIR) дорівнює 1,84 (95 % ДІ: 1,23–2,45). У Могилевській області Білорусі відзначений постійний ріст захворюваності на РМЗ [35].

При епідеміологічному аналізі об'єднаних даних Білорусі та України встановлено значуще двократне зростання захворюваності на РМЗ в 1997–2001 рр. мешканок найбільш забруднених радіонуклідами територій у порівнянні з проживаючими на менш забруднених територіях [36]. В районах України, де середня накопичена доза становить 40 мЗв і більше, відносний ризик становив 1,78/Зв (95 % ДІ: 1,08–2,93).

Наведені дані свідчать про необхідність поглибленого вивчення можливого впливу іонізуючого опромінення на виникнення РМЗ в Українській популяції в цілому і групах населення, найбільш постраждалого внаслідок Чорнобильської аварії.

Таким чином, проведений аналіз публікацій свідчить про необхідність проведення динамічного спостереження за формуванням захворюваності на злоякісні новоутворення у групах постраждалого внаслідок Чорнобильської аварії населення для оцінки впливу її факторів на можливі ексцеси онкологічної патології. Разом з тим, огляд публікацій свідчить про значні труднощі в оцінці канцерогенних ефектів Чорнобильської аварії. Для їх надійного обґрунтування необхідно оперувати оцінками радіаційних доз, вичерпними даними про частоту злоякісних новоутворень в основних групах населення, які зазнали радіаційного опромінення. До цих груп відносяться учасники ліквідації наслідків аварії (УЛНА), особливо ті, хто брав участь в аварійних роботах в 1986–1987 рр., евакуйовані із зони відчуження, і населення, яке й дотепер проживає на забруднених радіонуклідами територіях.

bility of breast to cancerigenic effect of ionizing radiation. Breast cancer incidence after the Chernobyl accident was studied mainly in descriptive epidemiological studies aimed to reveal possible stochastic effects in affected groups of population. In our studies [31, 32] there was stated that already in 12 years after the accident significant increase of breast cancer incidence was registered in most affected groups of Ukrainian population. This trend remained in following years with the highest increase of rates in female Chernobyl accident recovery operation workers [33, 34].

Essential increase of breast cancer incidence was registered in Russian females CRW [5]. Value of standardized incidence ratio (SIR) was 1.84 (95% CI 1.23–2.45). In Mogilev oblast of Belarus permanent increase of female breast cancer incidence rate was noted as well [35].

Epidemiological analysis of combined data of Belarusian and Ukrainian population showed statistically significant 2-fold increase of breast cancer incidence in female residents most heavily contaminated with radionuclides territories in 1997–2001 comparing with residents in less contaminated regions [36]. In districts of Ukraine with average accumulated dose 40 mSv and more relative risk was 1.78 / Sv (95% CI 1.08–2.93).

These results confirm a necessity of profound investigation of possible role of radiation in breast cancer incidence rate in whole population and its separate groups most affected by the Chernobyl accident.

Therefore results of mentioned studies suggest an actuality of long term monitoring of cancer incidence and its dynamics in the groups of population affected due to the Chernobyl accident to evaluate its factors in possible excesses of malignant tumours. Besides this review suggests significant difficulties in evaluation of carcinogenic effects of the Chernobyl accident. For more substantial arguments there are needed clear estimations of radiation doses and exhaustive data on number of cancer cases in main groups of exposed population. These are Chernobyl accident recovery operation workers (CRW) who participated in recovery operation works in 1986–1987; evacuees from Prypyat town and 30-km zone; residents still living in the territories most heavily contaminated with radionuclides.

МЕТА

Мета цієї роботи полягала у встановленні рівня і динамічних моделей захворюваності на злоякісні новоутворення в цілому та на окремі нозологічні форми в групах населення, постраждалого внаслідок аварії на ЧАЕС, протягом тривалого періоду спостереження.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Загальна характеристика проведеного дослідження і досліджуваних груп представлена в таблиці 1.

Для вивчення рівня і динаміки захворюваності на злоякісні новоутворення населення найбільш забруднених радіонуклідами районів нами у 1987 р. була створена локальна для населення цих територій пер-

OBJECTIVE

The goal of this study was to define the level and dynamic model of cancer risk in groups of Ukrainian population affected by the Chernobyl accident during long-term period (quarter of century) of observation.

MATERIALS AND METHODS

General characteristic of these groups is given in the table 1.

A local personified database on all cancer cases was established in 1987 to study cancer incidence rate and its trends in the territories most heavily contaminated with radionuclide's in order to per-

Таблиця 1

Загальна характеристика досліджуваних груп населення, що постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС

Table 1

General characteristics of studied groups of population most affected by the Chernobyl accident

Категорія постраждалих	Період спостереження, роки	Величина досліджуваної групи	Середні дози опромінення*	Число зареєстрованих випадків раку в групі
Cohort	Period of observation	Cohort size	Mean radiation dose*	Number of registered cases of cancer
Мешканці найбільш забруднених радіонуклідами територій (Лугинський, Народицький, Овруцький райони Житомирської області, Бородянський, Іванківський, Поліський, Чорнобильський (1981–1985 рр.) райони Київської області) Residents of the territories of Kyiv and Zhitomir most heavily contaminated with radionuclides (Lugyny, Narodychi, and Ovruch districts of the Zhytomyr region, and the Borodyanka, Ivankiv, and Poliss'ke districts (and Chernobyl district during 1981–1985) of the Kyiv region).	1980–2011	1986 р. – 360,7 тис., включаючи 74,4 тис. дітей 2011 р. – 180,8 тис., включаючи 27,4 тис. дітей 1986 – 360.7 ths. including 74.4 ths. of children 2011 – 180.8 ths. including 27.4 ths. of children	Середня ефективна доза зовнішнього опромінення – 22,4 мЗв; середня доза на ЩЗ – 187–221 мГр Average external effective radiation dose – 22.4 mSv, mean thyroid dose 187–221 mGy	24 006
Евакуйовані з зони відчуження Evacuees from Prypyat town and 30 km zone	1990–2011	1990 р. – 50,2 тис. 2011 р. – 48,2 тис. 1990 – 50.2 ths. 2011 – 48.2 ths.	Середня ефективна доза зовнішнього опромінення 10–30 мЗв; середня доза на ЩЗ – 184–857 мГр Average external effective radiation dose – 10–30 mSv; mean thyroid dose 184–857 mGy	3 360
Учасники ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС (УЛНА) 1986–1987 рр. участі, які проживають у Дніпропетровській, Донецькій, Київській, Луганській, Харківській областях та м. Київ Chernobyl accident recovery operation workers (CRW) 1986–1987 years of participation living in Dnipropetrovs'k, Donetsk, Kharkiv, Kyiv, and Lugansk regions, and in Kyiv city.	1994–2011	1994 р. – 84,6 тис. 2011 р. – 96,8 тис. 1994 – 84.6 ths. 2011 – 96.8 ths.	Середня ефективна доза зовнішнього опромінення – 50–200 мЗв Average external effective radiation dose – 50–200 mSv	9 764

Примітка. * – Національна доповідь України (2006, 2011)
Note. * – National Report of Ukraine (2006, 2011)

соніфікована база даних всіх випадків раку. Для її поповнення проводився ретроспективний з 1980 р. і поточний збір інформації про хворих на злоякісні новоутворення, які проживають у Лугинському, Народицькому, Овруцькому районах Житомирської області, Бородянському, Іванківському, Поліському районах Київської області. Крім того, зібрана інформація щодо всіх випадків раку в колишньому Чорнобильському районі за 1981–1985 рр. і ці дані включені в загальну базу даних. Процедура збору інформації полягала в перегляді всіх медичних документів, включаючи екстрені повідомлення про нові випадки злоякісних новоутворень та свідоцтв про смерть з усіх медичних установ, де виявлялися і лікувалися онкологічні хворі. Всі документи шляхом алфавітизації зіставлялися для вилучення дублікатів, після чого була створена остаточна база даних. З 1989 р., з моменту створення Національного канцер-реєстру України (НКРУ), проводиться поповнення локальної бази даних з цього закладу інформацією про захворілих на рак в перерахованих районах. З 1980 по 2011 рр. було зареєстровано 24 006 нових випадків злоякісної пухлини.

Чисельність населення перерахованих районів на момент аварії на ЧАЕС, за даними місцевих органів Держкомстату України, склала 360,7 тис., включаючи 74,4 тис. дітей у віці 0–14 років. У 2011 р. населення шести районів, крім Чорнобильського, який як адміністративна одиниця ліквідовано, становить 180,8 тисяч осіб, включаючи 27,4 тисяч дітей. Проведено розрахунок щорічних вікових і стандартизованих показників (прямий метод стандартизації) за 1980–2011 рр., які порівнювалися з відповідними даними по Україні в цілому, а також у Житомирській і Київській областях, які включають досліджувані райони. За стандарт використано світовий стандарт населення.

Для вивчення захворюваності на злоякісні новоутворення УЛНА 1986–1987 рр. і евакуйованих залучена база даних Державного реєстру України постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи. Отримані персоніфіковані дані про хворих на злоякісні новоутворення цих двох груп постраждалих були зіставлені з даними НКРУ, що дало можливість виключити всі випадки, які не мають достатньо повної верифікації діагнозу, і дублікати з минулих років. У створеній базі даних накопичені дані про 3 360 випадків захворювань на злоякісні пухлини у евакуйованих (впродовж 1990–2011 рр.) і 9 764 у УЛНА 1986–1987 рр. (впродовж 1994–2011 рр.)

Проаналізовано дані про УЛНА 1986–1987 рр., що проживають у Дніпропетровській, Донецькій, Київській, Луганській, Харківській областях та м. Києві

form a retrospective (since 1980) and current collection of information on all cancer cases in the Lugyny, Narodychi, and Ovruch districts of the Zhytomyr region, and the Borodyanka, Ivankiv, and Poleskoye districts of the Kyiv region. These six districts are referred to in the text below as territories most contaminated with radionuclides. In addition, information on all cancer cases in the former Chornobyl district during 1981–1985 was collected and included in the database as well. For the data collection all relevant medical documents (including emergency notifications of new cancer cases as well as death certificates) were obtained from all medical institutions where these patients were diagnosed and treated. Since 1989 when in Institute of oncology was established the National Cancer Registry of Ukraine this institution provides the data of cancer cases collection and storage in whole territory of state as well in listed districts. In 1980–2011 there were registered 24,006 new cases of malignant tumors (table 1).

At the time of the accident the total population of studied districts was 360.7 thousand including 74.4 thousand children aged 0–14 years. In 2011 the population of six districts excluding evacuated population of Chornobyl district was 180.8 thousand including 27.4 thousand children. Age-specific and age-standardized incidence rates were calculated for the period 1980–2011 and compared with respective data on Ukraine at whole and also on Zhytomyr and Kyiv regions those include most contaminated territories. Age distribution of the World Standard Population was used as a standard.

The data of the State Registry of the Ukraine (SRU) on Chornobyl Victims were used to investigate the cancer incidence among the Chornobyl accident recovery operation workers 1986–1987 and among evacuees. The personified data of SRU on cancer patients were compared with the data base of the National cancer registry of Ukraine providing the possibility to exclude all cases with incomplete verification of diagnosis and doubled data. After this procedure, all duplicates and cases without validated diagnosis were eliminated. During 1994–2011 there were 9,764 new cases registered among CRW, and during 1990–2011 3,360 new cases among evacuees.

The data of the CRW counted 96.8 thousand persons (including 11.3 thousand females) in 2011, namely those that reside in the Dnip-

загальною чисельністю в 2011 р. 96,8 тис. чоловік, і евакуйованих із зони відчуження та розселених по всій території України загальною чисельністю 48,2 тис. осіб. Для аналізу показників захворюваності цих двох груп постраждалого населення використано непрямий метод стандартизації. Розраховані стандартизовані відношення захворюваності (SIR), при цьому в якості стандарту прийняті вікові показники захворюваності населення України.

РЕЗУЛЬТАТИ

Для коректної оцінки аналізованих даних необхідно змалювати загальну демографічну ситуацію в Україні в порівнянні з Європейськими країнами та епідеміологічні дані щодо рівня та динаміки захворюваності на злоякісні новоутворення населення країни в цілому. Демографічні дані представлені цифрами середньої очікуваної тривалості життя чоловічого і жіночого населення (табл. 2).

Таблиця 2

Середня очікувана тривалість життя (років) чоловіків і жінок України та країн Західної Європи [37]

Table 2

Average life expectancy (in years) for the population of Ukraine and Western Europe [37]

Період	Чоловіки		Жінки	
	Україна	Західна Європа	Україна	Західна Європа
Period	Males		Females	
	Ukraine	Western Europe	Ukraine	Western Europe
1990	65,7	73,0	75,0	79,8
2000–2001	62,5	75,9	73,8	82,0
2005–2006	62,3	77,4	73,8	83,1
2009–2010	65,28	78,33	75,50	83,73
2011	65,98	78,69	75,88	84,00

Як показують дані таблиці 2, на відміну від країн Західної Європи, де середня тривалість життя постійно зростає, в Україні протягом 1991–2006 рр. відмічено зниження цього показника на 2,9 % у чоловіків і 0,2 % у жінок. У 2009–2010 рр. відзначена деяка стабілізація показників: у чоловіків вони практично не змінилися, а у жінок відмічено зростання на 1,9 %. В 2011 р. показники зросли: у чоловіків на 1,1 %, а у жінок – на 0,5 %.

Виявлені демографічні процеси мають вплив на показники здоров'я населення, наприклад, на показники захворюваності на злоякісні новоутворення. У жителів України (особливо чоловіків) у зв'язку з відносно короткою очікуваною середньою тривалістю життя логічно очікувати меншої, порівняно з попередніми роками, кількості випадків раку.

ropetrovs'k, Donetsk, Kharkiv, Kyiv, and Lugansk regions, and in Kyiv city. In addition, there were the evacuees from the city of Prypyat and the 30 km zone, who resettled in the territory of the Ukraine, a group that included 48.2 thousand persons in 2011. For indirect standardization (calculation of the standardized incidence ratio – SIR), the age-specific cancer incidence rates of the Ukrainian population were used.

RESULTS

For proper interpretation of the analyzed data it is necessary to compare a general demographic situation in Ukraine and Western Europe and epidemiological data concerning level and dynamic trends of cancer incidence in whole country. Table 2 shows average life expectancy (in years) for the population of Ukraine and Western Europe.

As the table 2 suggests, average life expectancy in Western Europe is higher than in Ukraine and permanently increased. Unlike that, in Ukraine during 1991–2006 this index was decreased by 2.9% in males and 0.2% in females. In 2009–2010 it somewhat stabilized. In males it remained almost at the same level, and in females 1.9% increase was registered. In 2011 there were observed increase on 1,1% in males and on 0,5% in females.

The revealed demographic processes make an impact on indices of population health e.g. on malignant neoplasm morbidity indices. It is reasonable to expect lower number of cancer cases compared to previous years in population of Ukraine (especially in males) because of relatively short expected average life span especially in males.

Таблиця 3
Динамічні моделі захворюваності на злоякісні новоутворення чоловічого і жіночого населення України в 1976–2011 рр. (коефіцієнти регресії стандартизованих показників захворюваності)

Table 3
Time trends of age-standardized cancer incidence rates for male and female population of Ukraine in 1976–2011 (regression coefficients)

Локалізація злоякісної пухлини Site of tumor	Шифр МКХ-10 ICD-10	Чоловіки		Жінки	
		Період спостереження	Коефіцієнт регресії $b \pm m$	Період спостереження	Коефіцієнт регресії $b \pm m$
		Period of observation	Regression coefficients $b \pm m$	Period of observation	Regression coefficients $b \pm m$
Всі злоякісні новоутворення All cancer sites	C00–C96	1976–1992 1993–2011	4,48 ± 0,31 -1,18 ± 0,18	1976–1992 1993–2011	1,88 ± 0,18 1,21 ± 0,10
1 Губа / Lip	C00	1976–2011	-0,30 ± 0,01	1976–2011	-0,07 ± 0,03
2 Порожнина рота, глотка / Oral cavity and pharynx	C01–C14	1976–2011	0,28 ± 0,02	1976–2011	-0,01 ± 0,001
3 Стравохід / Esophagus	C15	1976–1992 1993–2011	0,21 ± 0,01 -0,09 ± 0,01	1976–1992 1993–2011	-0,01 ± 0,002 -0,02 ± 0,003
4 Шлунок / Stomach	C16	1976–2011	-0,68 ± 0,02	1976–2011	-0,29 ± 0,005
5 Ободова кишка / Colon	C18	1998–2011	0,20 ± 0,02	1998–2011	0,16 ± 0,01
6 Ректосигмоїдальне з'єднання, пряма кишка, анус і анальний канал Recto sigmoid junction, rectum, anus and anal canal	C19–C21	1976–2011	0,21 ± 0,01	1976–2011	0,07 ± 0,01
7 Гортань / Larynx	C32	1976–1992 1993–2011	0,28 ± 0,03 -0,13 ± 0,01	1976–1992 1993–2011	0,002 ± 0,002 -0,001 ± 0,001
8 Трахея, бронхи, легені Trachea, bronchus and lung	C33, C34	1976–1992 1993–2011	1,49 ± 0,12 -1,43 ± 0,07	1976–1992 1993–2011	0,11 ± 0,01 -0,11 ± 0,01
9 Шкіра / Skin	C43 C44	1982–2011	0,05 ± 0,02	1982–2011	0,08 ± 0,02
10 Молочна залоза / Breast	C50		–	1976–2011	0,56 ± 0,02
11 Шийка матки / Cervix uteri	C53		–	1976–1991 1992–2011	-0,40 ± 0,03 0,16 ± 0,01
12 Тіло матки / Corpus uteri	C54		–	1998–2011	0,26 ± 0,03
13 Передміхурова залоза / Prostate gland	C61	1989–2011	0,55 ± 0,02		–
14 Нирка / Kidney	C64	1989–2011	0,26 ± 0,01	1989–2011	0,14 ± 0,01
15 Сечовий міхур / Bladder	C67	1989–2011	0,07 ± 0,02	1989–2011	0,03 ± 0,003
16 Головний мозок, спинний мозок, черепні нерви та інші частини ЦНС Brain, spinal cord, cranial nerves, and other parts of central nervous system	C70–C72	1999–2011	0,03 ± 0,01	1999–2011	0,04 ± 0,01
17 Щитоподібна залоза / Thyroid gland	C73	1989–2011	0,04 ± 0,003	1989–2011	0,20 ± 0,01
18 Лимфодіна, кровотворна та споріднена тканини Leukemia and lymphoma	C81–C96	1976–1990 1991–2011	0,31 ± 0,02 0,01 ± 0,01	1976–1991 1991–2011	0,19 ± 0,01 0,06 ± 0,01

У зв'язку з цим, великий інтерес представляє аналіз часових динамічних моделей захворюваності населення України на всі та окремі форми раку. Такий аналіз проведено за статистичними даними МОЗ України, який охоплює більш ніж 35-річний період – 1976–2011 рр. У зв'язку з відмінностями в тенденції захворюваності в різні часові відрізки весь період був розділений на дві складові частини – 1976–1992 рр. і 1993–2011 рр. Регресійний аналіз динамічних рядів захворюваності дав можливість розрахувати показники щорічних темпів приросту показників за коефіцієнтами регресії (КР) для чоловічого і жіночого населення окремо.

Відзначено постійне зростання частоти всіх форм злоякісних новоутворень у жіночого населення протягом всього періоду спостереження, хоча темпи приросту в 1976–1992 рр. – (КР $1,88 \pm 0,18$) і 1993–2011 рр. (КР $0,94 \pm 0,08$) суттєво відрізняються. У чоловічого населення виявлено протилежні тенденції: ріст показників у 1976–1992 рр. (КР $4,48 \pm 0,31$), після чого в 1993–2011 рр. (КР $-1,68 \pm 0,15$) відзначається зниження рівня захворюваності. Причиною зазначеного, швидше за все, є скорочення середньої тривалості життя, особливо вираженого у чоловічій популяції. Серед окремих форм злоякісних пухлин звертає на себе увагу постійно зростаюча тенденція захворюваності на рак порожнини рота, прямої та ободової кишки, жіночої молочної залози, передміхурової залози, тіла матки, сечового міхура, нирки, щитоподібної залози. Для групи інших форм раку – стравоходу, гортані, трахеї, бронхів, легенів – зростання показників мало місце до 1992 року, після чого спостерігається їх зменшення. Поряд з цим, зниження рівня захворюваності протягом усього періоду спостереження відзначено щодо раку губи, шлунка. Практично мало змінювалися показники захворюваності на рак шкіри, головного мозку. Захворюваність на злоякісні новоутворення лімфоїдної, кровотворної та споріднених тканин достовірно збільшувалася в період 1976–1990 рр., а в наступні 1991–2011 рр. темпи приросту істотно знизилися. Інша ситуація склалася щодо раку шийки матки – до 1991 р. спостерігалася істотне зменшення частоти цієї патології, а з 1992 р., навпаки, – зростання.

Після характеристики загальної ситуації в Україні найбільш доречним є аналіз особливостей частоти злоякісних пухлин серед груп постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС. Захворюваність на злоякісні новоутворення населення, яке проживає на забруднених радіонуклідами територіях, у порівнянні з

Therefore special attention has drawn analysis of dynamic trends of cancer incidence in Ukrainian population. Such analysis was performed on the basis of the statistical data of the Ministry of Health of Ukraine for the 35-years time period (1976–2011) (table 3). Because of different trends in several years, the total period of observation was split up into two parts: 1976–1992 and 1993–2011. Regression analysis of the time series of annual incidence rates was performed to calculate an average annual increment of incidence by the regression coefficients for male and female population separately.

There was registered a permanent increase of frequency of all types of malignant neoplasm (and cancer sites) in females during the all period of observation, though regression coefficients in 1976–1992 (1.88 ± 0.18) and 1993–2011 (1.21 ± 0.10) significantly differed between each other. Peculiarity of trends were revealed in males: the increased incidence rates in 1976–1992 (4.48 ± 0.31) and decreasing trend in the next period 1993–2011 (-1.18 ± 0.18). Such phenomenon most likely is a consequence of decreased average life expectancy, especially manifested in males. Among separate tumour sites draws attention a permanent tendency to increase cancer incidence of oral cavity and pharynx, colon, rectum, female breast, prostate, body of uterus, kidney and thyroid gland. For other sites of malignancies (oesophagus, larynx, trachea, bronchus, lung cancers) increase of incidence rates was observed before 1992 with following decrease in subsequent period. Besides this, there was observed permanent decrease during all period of observation (1976–2011) for lip and stomach cancers. Incidence rates of brain and skin cancers changed quite insignificantly. Significant increase was registered during 1976–1990 for leukaemia and lymphoma incidence with insignificant trends in subsequent years 1991–2011. Different situation was observed for cervix uteri cancer: in 1976–1991 incidence rates clearly tended to decrease and in 1992–2011 there was observed increasing trend.

After general characteristics of cancer incidence in Ukraine it would be expedient to turn to analysis of the frequency in three affected by the Chernobyl accident groups. Cancer incidence in population still living in the territories most heavily contaminated with radionuclides is presented

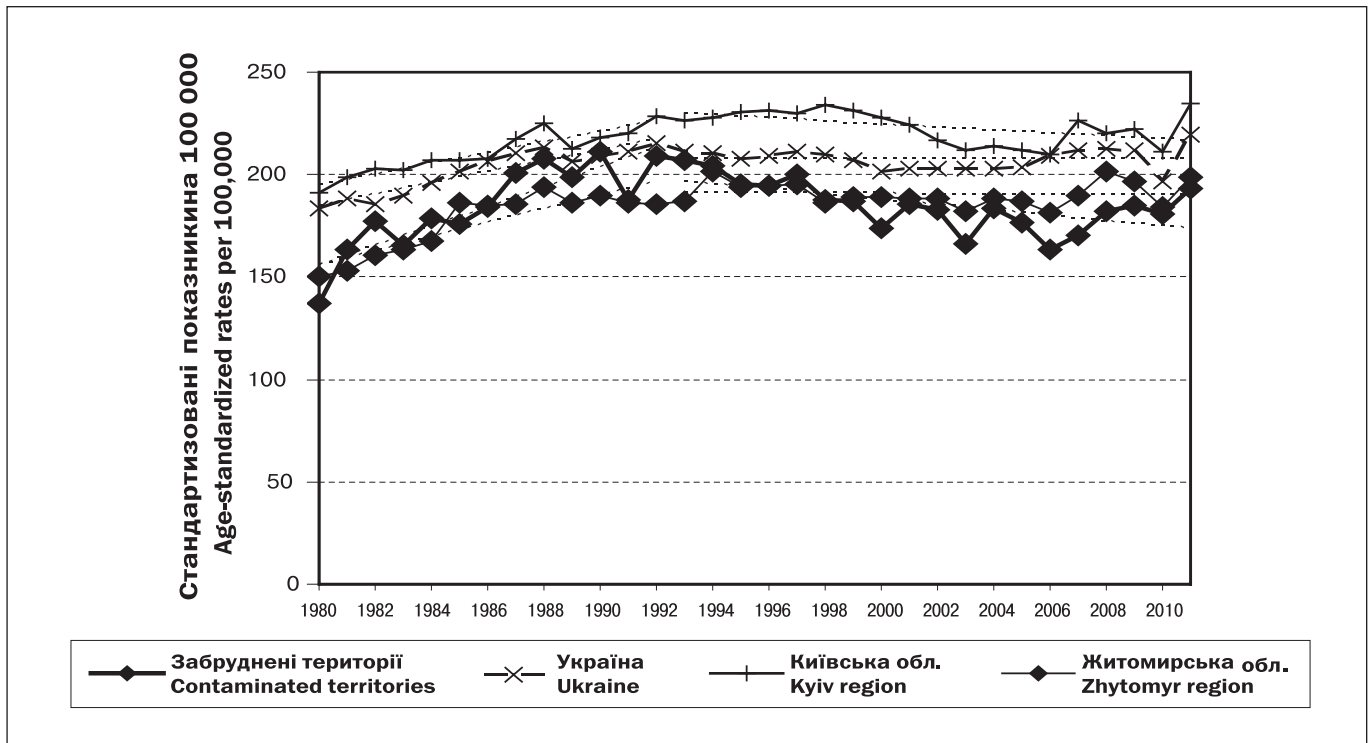


Рисунок 1. Захворюваність на злоякісні новоутворення населення України, Житомирської, Київської областей та найбільш забруднених радіонуклідами територій в 1980–2011 рр.

Коефіцієнти регресії захворюваності ($b \pm SE(b)$ по періодах:

1980–1992 рр.: населення України – $2,72 \pm 0,32$, Київської обл. – $2,59 \pm 0,31$; Житомирської обл. – $3,38 \pm 0,58$; забруднених територій – $4,77 \pm 0,82$;

1993–2005 рр.: населення України – $(-0,83) \pm 0,16$, Київської обл. – $(-1,62) \pm 0,38$; Житомирської обл. – $(-0,78) \pm 0,30$; забруднених територій – $(-2,64) \pm 0,48$;

2006–2011 рр.: населення України – $0,13 \pm 2,02$, Київської обл. – $2,30 \pm 2,25$; Житомирської обл. – $1,87 \pm 1,98$; забруднених територій – $5,18 \pm 1,13$.

Figure 1. Cancer incidence (ICD10 codes C00–C96) in population of Ukraine, Kyiv, Zhytomyr regions and the most contaminated with radionuclide's territories in 1980–2011.

Regression coefficients:

Ukraine: 1980–1992: 2.72 ± 0.32 ; 1993–2005: -0.83 ± 0.16 ; 2006–2011: 0.13 ± 2.02

Kyiv region: 1980–1992: 2.59 ± 0.31 ; 1993–2005: -1.62 ± 0.38 ; 2006–2011: 2.30 ± 2.25

Zhytomyr region: 1980–1992: 3.38 ± 0.58 ; 1993–2005: -0.78 ± 0.30 ; 2006–2011: 1.87 ± 1.98

most contaminated with radionuclide's territories: 1980–1992: 4.77 ± 0.82 ; 1993–2005: -2.64 ± 0.48 ; 2006–2011: 5.18 ± 1.13 .

аналогічними показниками населення України в цілому, а також Житомирської та Київської областей, які включають забруднені радіонуклідами райони, представлені на рисунку 1. Протягом 1980–2011 рр. частота раку на забруднених територіях була близькою до такої в Житомирській області і нижче, ніж в Україні в цілому та Київській області.

Часові тренди захворюваності були подібними на всіх порівнюваних територіях: щорічні показники захворюваності на злоякісні новоутворення являють собою зростаючий тренд до початку 90-х років, а, починаючи з 1993 року, має місце зниження показників аж до 2005 року. Однак, з 2006 року знову була відзначена тенденція до їх зростання. Такі тимчасові зміни характерні для України в цілому, найбільш забруднених

in a figure 1. Data for Ukraine, Kyiv and Zhytomyr regions which includes mentioned territories are shown here for comparison too. In 1980–2011 cancer incidence rates in most contaminated territories were close to Zhytomyr region and lower than in Kyiv region and Ukraine in total.

Time trends of cancer incidence rates were similar in all compared territories. Average annual cancer incidence rates increased till beginning of 90th and since 1993 occurred decrease of rates until 2005. Since 2006 there was observed increasing trends again. Such changes during the time are characteristic both for Ukraine in total and for the district most contaminated with

Таблиця 4

Захворюваність на усі форми злоякісних новоутворень (МКХ-10 C00-C96), постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС груп населення (стандартизовані співвідношення захворюваності – SIR)

Table 4

Cancer incidence rate (ICD10 codes C00-C96) in the main groups of population affected by the Chernobyl accident (standardized incidence ratio SIR)

Група постраждалих і період спостереження	Фактична кількість випадків	Очікувана кількість випадків	SIR (%)	95 % довірчий інтервал
Group of affected population (years of observation)	Actual No of cases	Expected No of cases	SIR (%)	95% confidence interval
Мешканці забруднених радіонуклідами територій (1990–2011 рр.) Residents of the most heavily contaminated territories (1990–2011)	15 389	19 226,8	80,0	78,8–81,3
УЛНА 1986–1987 рр. (1994–2011 рр.) Recovery operation workers 1986–1987 years of participation (1994–2011)	9 764	9 063,2	107,7	105,6–109,9
Евакуйовані (1990–2011 рр.) Evacuees from Prypyat town and 30-km zone (1990–2011)	3 360	3 968,4	84,7	81,8–87,5

радіонуклідами районів і областей, частиною яких є ці райони. Разом з тим, за темпами зростання захворюваності (в 1980–1992 і 2006–2011 рр.) та її зниження (у 1993–2005 рр.) показники забруднених територій займають провідне місце. Логічно припустити, що згадані тенденції в динаміці рівня захворюваності на злоякісні новоутворення тісно пов'язані з середньою очікуваною тривалістю життя у досліджувані періоди.

Дані про рівень захворюваності основних груп постраждалого населення представлені у таблиці 4.

Аналіз показників захворюваності в різних групах постраждалих свідчить про більш низькі його рівні порівняно з національним як у евакуйованих, так і мешканців найбільш забруднених радіонуклідами територій. Разом з тим, у групі УЛНА 1986–1987 рр. спостерігається достовірне перевищення показників захворюваності населення України – SIR =107,7 % (95 % ДІ 105,6–109,9 %).

Незаперечну увагу викликає вивчення частоти окремих форм злоякісних пухлин, у генезі яких радіаційний фактор може відігравати істотну роль. Показовими є результати дослідження захворюваності на лейкемію, яка може служити індикатором наявності онкогенного впливу іонізуючого опромінення, серед населення забруднених територій. Дослідження виконувалося в Житомирській і Київській областях в рамках Франко-Німецької Чорнобильської ініціативи [38]. Ці області відносяться до найбільш забруднених радіонуклідами територій. Період спостереження охоплював 1980–2000 рр. Зазначене з плином часу помірно виражене зростання захворюваності на лейкемію не вказує на його зв'язок з рівнем забруднення радіонуклідами.

radionuclides and regions those include these districts. However it should be noted that increase of incidence rate in 1980–1992, 2006–2011 and decrease in 1993–2005 are most pronounced in contaminated districts. Probably, mentioning tendency of cancer incidence and average life expectancy in the observed period is closely depended.

Cancer incidence rate in the three main groups of affected population are presented in table 4.

Analysis of cancer incidence rates in these main groups of the affected population (table 4) suggests about its lower level of SIR in residents of contaminated territories and in evacuees comparing with national indexes. At the same time in recovery operation workers incidence rates of all malignant tumours significantly exceeded the national level – SIR = 107.7% (95% CI 105.6–109.9%).

Indisputable interest is being attracted by analysis of frequency of potentially radiation-associated malignant tumours. There are quite important results of the study of leukemia incidence which may serve as early indicator of oncogenic effect of ionizing irradiation in population of contaminated territories. The study was performed in the framework of the French-German Chernobyl Initiative among the territories with highest level of radionuclide contamination: Zhytomyr and Kyiv regions [38] in 1980–2000. Stated above with the course of time gradual increase of leukaemia incidence in the post-accident period corresponded with changes of leukaemia incidence rates in Ukrainian population in total. Results of

За результатами дослідження зроблено висновок про відсутність радіаційно обумовленого ексцесу захворюваності на лейкемію серед населення забруднених районів досліджених областей. Поступове зростання показників у післяаварійний період відповідає змінам показників серед населення України в цілому. Подібні результати були отримані В. Г. Бебешко зі співавт. [39, 40], які вивчали захворюваність на лейкемію населення менш забруднених Чернігівської та Сумської областей.

Значну увагу привертає дослідження ризику лейкемії в групах УЛНА, які отримали найбільш значні дози опромінення. В рамках проекту співпраці України і США в галузі мінімізації наслідків аварії на ЧАЕС проведено аналітичне епідеміологічне дослідження ризику лейкемії у 110-тисячній когорті УЛНА, простеженій протягом 1986–2000 рр., а згодом і до 2006 р. Результати дослідження [27, 43] свідчать про достовірне зростання частоти лейкемії в цій групі постраждалих (табл. 5). Надлишковий відносний ризик (ERR) впродовж 1987–2000 рр. в розрахунку на 1 Гр склав 3,44 (95 % довірчий інтервал у межах 0,47–9,78, $p < 0,01$), а впродовж 1987–2006 рр. – 2,38 (0,49–5,87), тобто ці результати близькі до тих, які були отримані в когорті жителів Хіросіми і Нагасакі, що зазнала ядерного бомбардування, так званих хібакуся (період спостереження – 1958–1987 рр.) [41], а також когорті російських ліквідаторів (період спостереження 1986–1993 рр.) [29,42].

this study did not suggest a presence of radiation-induced excess of leukaemia incidence in population of the regions most contaminated with radionuclides. Gradual growth of indices in the post-accident period is corresponding to changes among the population of Ukraine as a whole. Similar results were obtained by V. G. Bebeshko et al. [39, 40], who studied the incidence of leukemia in population of the less contaminated Chernihiv and Sumy regions.

It should be noted an investigation of leukaemia risks in exposed to low and medium doses groups of recovery operation workers (Table 5). Within framework of mitigation of consequences of the Chernobyl NPP accident in the Ukrainian-American project on study of leukaemia and related diseases in representative cohort of CRW (110 thousand men) since 1986 till 2000 a significant dose-response excess leukaemia risk was revealed (ERR = 3.44/Sv, 95% CI 0.47–9.787, $p < 0.01$) [27, 43], and since 1986 till 2006 –2.38 (0.49–5.87), i.e. the study results indicate to a reliable increase of leukemia incidence in this group of survivors. These results are similar to those obtained in the Japanese Life Span Study cohort of A-bomb survivors (ERR= 4,0, 95% CI 2,1 – 6,9, period of observation 1950–2001) [41] and in the cohort of Russian recovery operation workers (ERR= 4,98 95% CI 0,59 – 14,47, period of observation 1986–1997) [29, 42].

Таблиця 5

Ризики лейкемії в УЛНА України і Росії, а також у когорті Life Span Study (Японія)

Table 5

Leukaemia excess relative risk (ERR/Gy) in Chernobyl accident recovery operation workers (CRW) in Ukraine, Russia and Life Span Study (LSS) cohort (Japan)

Когорта	Країна	Надлишковий відносний ризик (ERR на 1 Зв)	95 % довірчий інтервал	Ступінь вірогідності
Category of irradiated people	Country	Excess relative risk (ERR per 1 Sv)	95% confidential interval	p
УЛНА на ЧАЕС, 1987–2000 рр. Chornobyl accident recovery operation workers, 1987–2000 (A. Ye. Romanenko, [27])	Україна Ukraine	3,44	0,47–9,78	0,01
УЛНА на ЧАЕС, 1987–2006 рр. Chornobyl accident recovery operation workers, 1987–2006 (L. Zablotska [43])		2,38	0,49–5,87	0,01
УЛНА на ЧАЕС, 1986–1997 рр. Chornobyl accident recovery operation workers, 1986–1997 (V. Ivanov, [29, 42])	Росія Russia	4,98*	0,59–14,47*	0,04*
Когорта Life Span Study [41] LSS cohort: irradiated in 40+ years	Японія Japan	4,0	2,1–6,9	0,01

Примітка. * – за винятком випадків хронічної лімфоцитарної лейкемії
Note. * – except chronic lymphoid leukaemia

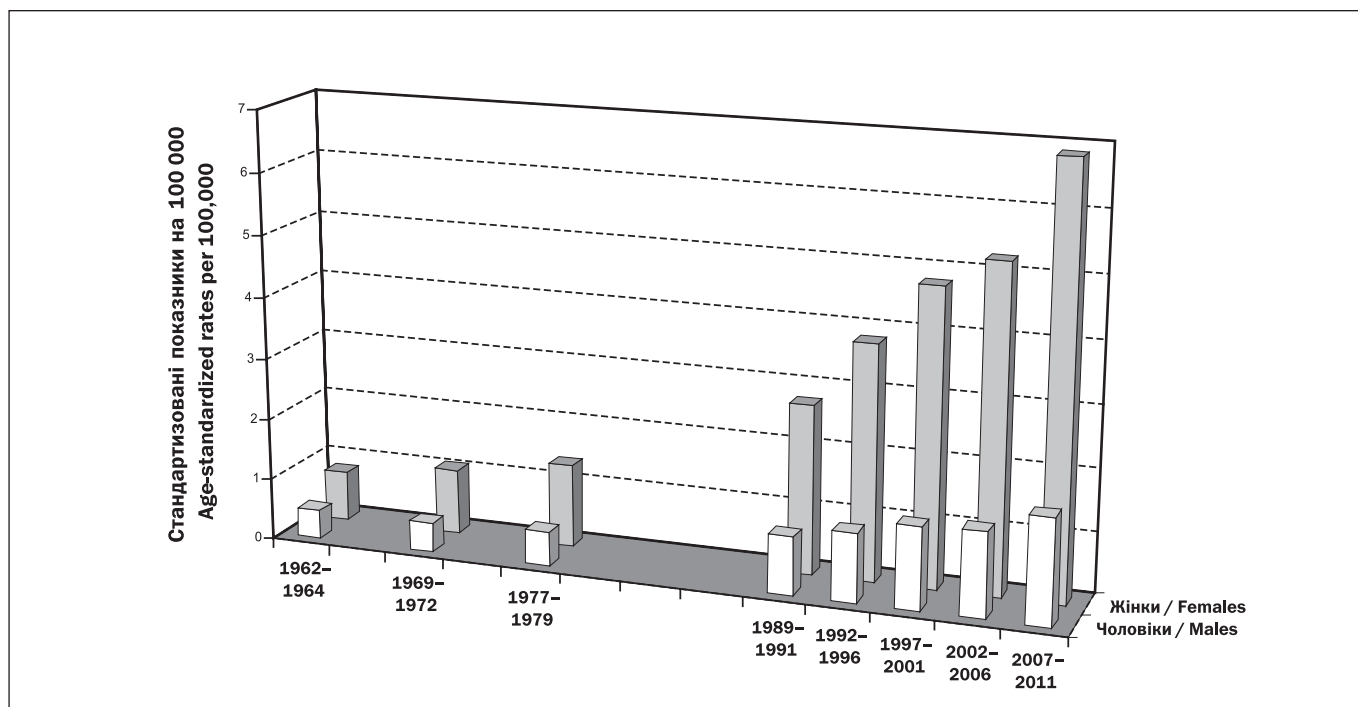


Рисунок 2. Захворюваність на рак щитоподібної залози чоловічого і жіночого населення України в 1962–2011 рр. (стандартизовані за віком показники на 100 000 жителів відповідної статі)

Figure 2. Thyroid cancer incidence in male and female population of Ukraine in 1962–2011 (age-standardized incidence rates per 100 thousand citizens of corresponding gender)

Отримано важливі результати щодо хронічної лімфоцитарної лейкемії, для якої значення надлишкового відносного ризику на 1 Гр склало 2,58 (95 % ДІ 0,02–8,43; $p < 0,05$) [43]. Таким чином, отримані докази істотної ролі іонізуючого випромінювання у індукції цієї форми лейкемії, яка раніше в більшості епідеміологічних досліджень не розглядалася в числі радіаційно-асоційованих захворювань.

Радіаційна природа драматичного зростання захворюваності на рак щитоподібної залози в даний час не викликає сумнівів (рис. 2). В Україні в цілому це зростання, порівняно з очікуваним спонтанним рівнем, було у чоловіків удвічі і у жінок – втричі більшим.

Рисунок 3 ілюструє значне зростання частоти раку щитоподібної залози на найбільш забруднених радіонуклідами територіях (до 2001 р.) порівняно з періодом, що передувє аварії на ЧАЕС (1980–1986 рр.). Зниження рівня захворюваності у 2002–2011 рр., ймовірно, пов’язано з міграцією груп населення, що мають найбільш високий ризик розвитку цієї патології (молоді сім’ї з дітьми), за межі цих територій, а також збільшенням питомої ваги осіб, які народились після аварії і не зазнали радіаційного опромінення за рахунок радіойоду (у 2011 р. 28,6 %). Значне зростання захворюваності на рак щитоподібної залози відмічено у Києві та Київській області, куди

Quite important results obtained in a study of chronic lymphocytic leukaemia [43]. Excess relative risk for this pathology per 1 Gy amounted 2.58 (95% CI 0.02–8.43; $p < 0.05$). Therefore there was evidenced essential role of ionizing irradiation in induction of this form of leukaemia which in majority of earlier epidemiological studies were not consider as radiation-associated disease.

Radiation origin of dramatic increase of thyroid cancer incidence in Ukraine is out of doubts at present time (Fig. 2). And in Ukraine as a whole this increase was two-fold in males and three-fold in females comparing with expected spontaneous level.

Figure 3 illustrates a significant increase of thyroid cancer incidence rates in the territories most heavily contaminated with radionuclides (until 2001) vs. pre-accident period 1980–1985. Incidence decrease in 2001–2011 seems to be associated with effect of migration of the most vulnerable groups with the highest risk of radiation induction of this disease (young families with children) to outside these territories. Another probable cause of this phenomenon might be increase of percentage of persons born after the Chernobyl accident and not exposed to radioactive iodine (28.6% in 2011). Significant increase of thyroid cancer incidence were reported in Kyiv city

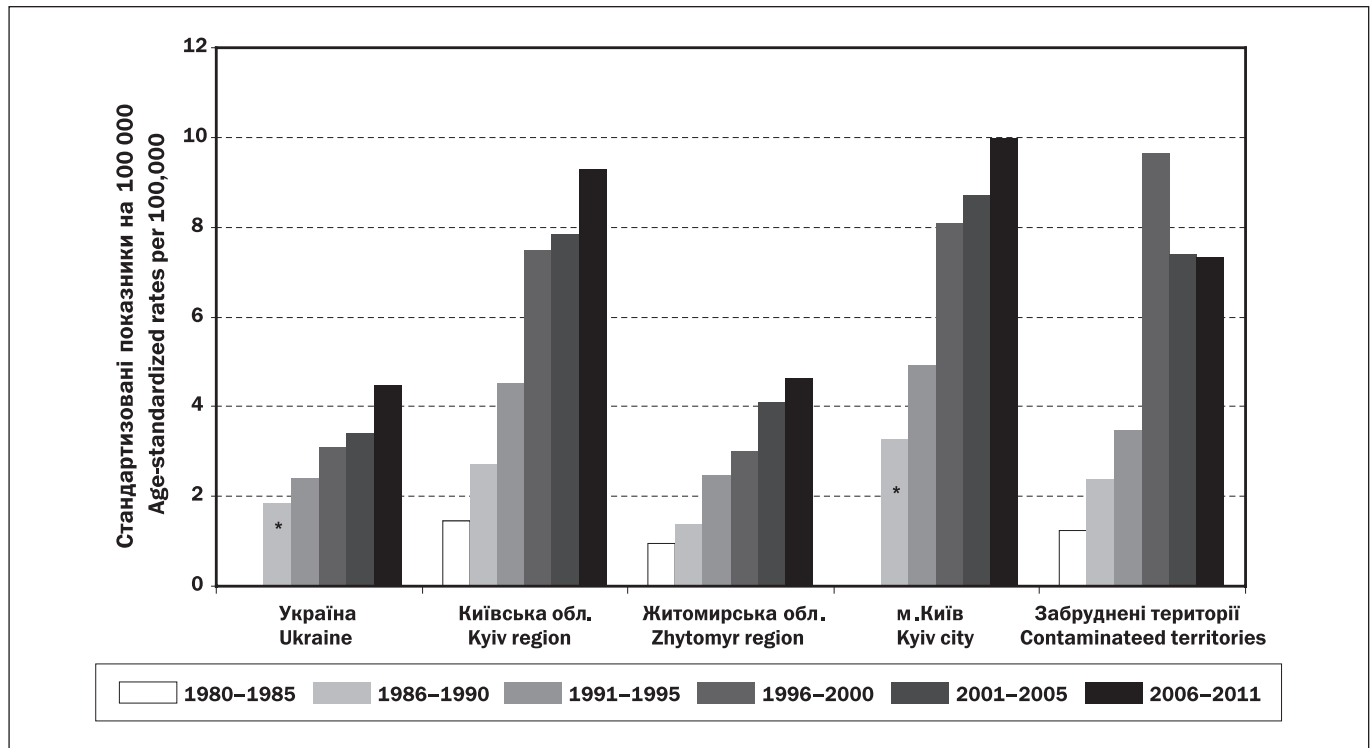


Рисунок 3. Захворюваність на рак щитоподібної залози населення України, Житомирської, Київської областей, м. Києва та найбільш забруднених радіонуклідами територій у 1980–2011 рр.

Figure 3. Thyroid cancer incidence in the population of Ukraine, Kyiv, Zhytomyr regions, Kyiv city and the territories most heavily contaminated with radionuclides in 1980–2011

була евакуйована значна частина населення Прип'яті та 30-км зони.

Порівняльний аналіз захворюваності на рак щитоподібної залози різних груп постраждалого населення, представлений в таблиці 6, показує найбільш значне перевищення національного рівня в УЛНА 1986-1987 рр. – в 4,8 раза, евакуйованих – в 4,1 раза, жителів найбільш забруднених радіонуклідами територій – в 1,3 раза.

and Kyiv region, where there were evacuated lot of the population of Prypyat town and 30-km zone.

Comparative analysis of thyroid cancer incidence in the main groups of affected population is presented in the table 6. It shows significant excess of thyroid cancer in these groups above the national level: 4.8-fold in recovery operation workers, 4.1-fold in evacuees and 1.3-fold in residents of the territories most heavily contaminated with radionuclides.

Таблиця 6

Захворюваність на рак щитоподібної залози (МКБ-10 C.73) груп населення, що постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС (стандартизовані співвідношення захворюваності – SIR)

Table 6

Thyroid cancer incidence (ICD10 code C73) in the main groups of population affected by the Chernobyl accident (standardized incidence ratio SIR)

Група постраждалих і період спостереження	Фактична кількість випадків	Очікувана кількість випадків	SIR (%)	95 % довірчий інтервал
Group of affected population (years of observation)	Actual No of cases	Expected No of cases	SIR (%)	95% confidence interval
Мешканці забруднених територій (1990–2011 рр.) Residents of the most heavily contaminated territories (1990–2011)	365	276,8	131,9	118,3–145,4
УЛНА 1986–1987 рр. (1994–2011 рр.) Recovery operation workers 1986–1987 years of participation (1994–2011)	348	72,9	477,4	427,4–527,5
Евакуйовані (1990–2011 рр.) Evacuees from Prypyat town and 30-km zone (1990–2011)	266	74,7	411,1	361,7–460,5

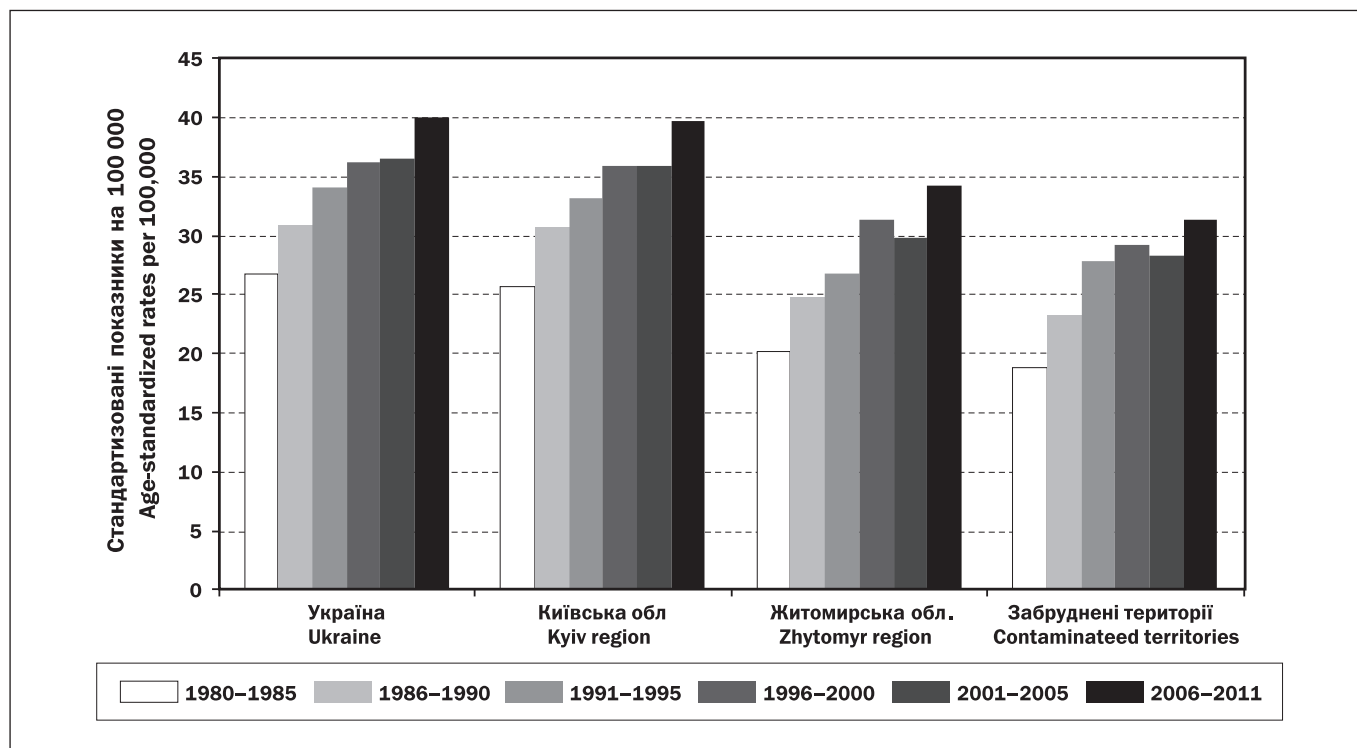


Рисунок 4. Захворюваність на рак молочної залози жіночого населення України, Київської, Житомирської областей та найбільш забруднених радіонуклідами територій

Figure 4. Breast cancer incidence in the population of Ukraine, Kyiv, Zhytomyr regions and the territories most heavily contaminated with radionuclides in 1980–2011

Серед інших форм злоякісних новоутворень особливу увагу слід звернути на рак жіночої молочної залози, який відноситься до радіочутливих форм патології. Надлишкові радіаційно обумовлені випадки раку молочної залози виявлено серед опромінених жінок після атомного бомбардування Хіросіми і Нагасакі [44]. На досліджуваних найбільш забруднених радіонуклідами територіях захворюваність на рак молочної залози (рис. 4) характеризувалася помір-

Among another potential radiation associated forms of malignant tumors special attention should be drawn to female breast cancer, which belongs to the radiation sensitive forms. Excess of radiation induced breast cancer cases were revealed in females exposed after the Hiroshima and Nagasaki A-Bombings [44]. In the most contaminated territories under study the breast cancer incidence rate was characterized by a moderate

Таблиця 7

Захворюваність на рак молочної залози (МКБ-10 C50) груп жіночого населення, постраждалого внаслідок аварії на ЧАЕС (стандартизовані співвідношення захворюваності – SIR)

Table 7

Female breast cancer incidence (ICD10 code C50) in the main groups of population affected by the Chernobyl accident (standardized incidence ratio SIR)

Група постраждалих і період спостереження	Фактична кількість випадків	Очікувана кількість випадків	SIR (%)	95 % довірчий інтервал
Group of affected population (years of observation)	Observed No of cases	Expected No of cases	SIR (%)	95% confidence interval
Мешканці забруднених територій (1990–2011 рр.) Residents of the most heavily contaminated territories (1990–2011)	1 168	1 835,7	63,1	59,5–66,7
УЛНА 1986–1987 рр. (1994–2011 рр.) Recovery operation workers 1986–1987 years of participation (1994–2011)	303	185,7	163,2	144,8–181,5
Евакуйовані (1990–2011 рр.) Evacuees from Prypyat town and 30-km zone (1990–2011)	314	411,9	76,2	67,8–84,75

ним зростанням у 1980–1991 рр., хоча й більш низьким, порівняно з аналогічними показниками по Україні в цілому, або областях, до яких належать забруднені території (Київська, Житомирська).

У 1991–1995 рр. істотне зростання частоти цієї патології у жіночого населення, яке проживає на забруднених територіях, призвело до того, що її показники стали близькими до показників великих територій, особливо, Житомирської області. Що стосується порівняльної оцінки захворюваності на рак молочної залози в групах постраждалих (табл. 7), то слід вказати, що достовірне перевищення національного рівня виявлено тільки у жінок – учасниць ЛНА 1986–1987 рр. В 1994–2011 рр. величина SIR склала 163,2 % (95 % довірчий інтервал – 144,8–181,5 %). Показники захворюваності мешканок забруднених радіонуклідами територій та евакуйованих були істотно нижчі. При аналізі можливих причин цього явища слід брати до уваги ті обставини, що ці дві групи постраждалих до аварії на ЧАЕС проживали на територіях, на яких рівень захворюваності на рак молочної залози був одним з найнижчих в Україні.

ОБГОВОРЕННЯ ТА ВИСНОВКИ

Вивчення захворюваності на злоякісні новоутворення основних груп населення, що зазнали впливу факторів Чорнобильської аварії (УЛНА 1986–1987 рр., евакуйованих із зони відчуження, а також населення, яке проживає на забруднених радіонуклідами територіях України), виявило особливості трендових моделей частоти цієї патології. Зниження рівня захворюваності в останні роки, ймовірно, пов'язано зі скороченням середньої тривалості життя української популяції (особливо чоловіків). Показники захворюваності на всі форми раку перевищують національний рівень тільки в групі УЛНА 1986–1987 рр.

Експозиція до малих та середніх доз радіації пов'язана зі значним зростанням захворюваності на лейкомію, яке також узгоджується з даними щодо ліквідаторів Росії, а також жертв атомних бомбардувань в Японії. Дослідження, проведене в Україні, довело вплив радіаційного чинника на ризик хронічної лімфоїдної лейкомії.

В трьох основних групах постраждалих виявлено істотний ріст захворюваності на рак щитоподібної залози, що може бути зумовлено опроміненням цього органу за рахунок випадіння радіоактивного йоду. Зростання частоти цієї патології під впливом радіаційного опромінення встановлено не тільки у дітей, а також у підлітків і дорослих. Ефект експозиції у

increase during 1980–1991, though with lower level of indexes comparing with Ukraine as a whole and with corresponding large regions (Kyiv and Zhytomyr).

In 1991–1995 due to significant increase breast cancer incidence rate in contaminated territories became closely similar to those in large regions (especially in Zhytomyr region). As to comparative evaluation of breast cancer incidence rate in the three main groups of affected population (table 7), it should be noted that significant exceeding of national level was reported only in women participated in recovery operation works in 1986–1987. In 1994–2011 SIR value in this group consisted 163.2% (95% CI 144.8–181.5%). Incidence rates in females, still living in contaminated with radionuclide's territories, and evacuees were essentially lower. Interpreting these results should take into account that two last groups of the affected population lived before the Chernobyl accident in territories, where female breast cancer incidence was one of the lowest in Ukraine.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Analysis of cancer incidence in three main groups of population subjected to radiation exposure due to the Chernobyl accident (recovery operation workers 1986–1987 years of participation, evacuees, residents of the territories most heavily contaminated with radionuclides) defined peculiarities of trend models of this pathology frequency. It seems that decrease of incidence rates last years was associated with reducing of average life expectancy of Ukrainian population (especially in males). Total cancer incidence rate exceeded the national level only in recovery operation workers 1986–1987.

Exposure to low and medium dose of radiation was associated with significant increase of leukemia incidence in recovery operation workers which was consistent for Russia CRW as well as Japanese atomic bomb survivors. Last performed in Ukraine study gave evidence radiosensitive origin of chronic lymphatic leukemia.

Significant excess of thyroid cancer is reported in the all three main groups of affected population that might be caused by radiation exposure of thyroid due to radioactive iodine fallouts. Excess of thyroid cancer incidence under the impact of ionizing radiation was observed not only in children and adolescents but in adults as well. Effect of radi-

вигляді появи надлишкових випадків раку щито-подібної залози має тенденцію до зростання з плином часу.

Спостерігається істотне зростання захворюваності на рак молочної залози жінок-учасниць ЛНА 1986–1987 рр. Необхідно продовження досліджень для встановлення можливого впливу скринінг-ефекту і поліпшення якості реєстрації випадків захворювання.

Невелика кількість окремих форм раку, а також “змішуючі” ефекти (confounding), міграція свідчать про необхідність підвищення потужності дослідження за допомогою проведення таких досліджень не тільки на забруднених територіях, але й за їх межами, у місцях компактного проживання мігрантів. Вирішення цих питань може бути досягнуто за допомогою використання бази даних Державного реєстру України, а також лінкіджу поміж цим реєстром і Національним та регіональними (обласними) канцер-реєстрами. Використання цієї інформації для оцінки ризику потребує також отримання даних про дози опромінення, необхідних для такого аналізу.

Оскільки латентний період різних радіаційно обумовлених пухлин значно відрізняється, в перспективі необхідно приділяти особливу увагу не тільки захворюванням на рак щитоподібної, молочної залоз, лейкоміям, але й злоякісним пухлинам легенів, шлунка, кишечника, яєчників, сечового міхура, нирок, множинній мієломі.

Особливу увагу слід приділити групам населення, які зазнали радіаційного впливу на початку життя – in utero, дитячому (0–9 років), підлітковому (10–14 років) віці.

Для отримання обґрунтованих кількісних оцінок величин надлишку онкологічних захворювань у зв'язку з отриманою дозою опромінення необхідно ширше використовувати аналітичні епідеміологічні методи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чорнобиль та рак. Онкоепідеміологічні аспекти проблеми / С. О. Шалімов, А. Є. Присяжнюк, В. Г. Грищенко [та ін.] // Журнал Академії медичних наук України. – 2006. – Т. 12, № 1. – С. 98–109.
2. Twenty years after the Chernobyl accident: solid cancer incidence in various groups of the Ukrainian population / A. Prysyzhnyuk, V. Gristchenko, Z. Fedorenko [et al.] // Radiat. Environ. Biophys. – 2007. – Vol. 46, Iss. 1. – P. 43–51.
3. Solid cancer incidence in various groups of population affected due to the Chernobyl accident. A. Prysyzhnyuk, V. Gristchenko, Z. Fedorenko [et al.] // The health effects of the human victims of the Chernobyl catastrophe: Collection of scientific articles, 2006 / eds. I. Blokov, T.

ation exposure was manifested by extra thyroid cancer cases and tended to increase during the time.

Significant increase of breast cancer incidence rate was registered in females participated in recovery operation works in 1986–1987. Monitoring of malignant tumors has to be continued to evaluate probable screening effect and influence of improving quality of cancer diagnostics and registration.

Small number of cases of some cancer forms and also the confounding factors, migration suggest a necessity to increase of statistical power of the study by its territorial expanding drawing special attention not only to contaminated territories but also to the territories with compact settlements of migrants. Use of a database of the State Registry of Ukraine and linkage of these data with the National and regional cancer registries might assist to solve this problem. To estimate the radiation risks using this information will require acquiring of extra data about the radiation exposure doses.

Because of significant difference between latent periods of different radiation related tumors, the attention should be drawn not only to thyroid, breast cancers and leukemia, but also to the malignant tumors of lung, stomach, colon, ovary, urinary bladder, kidney and multiple myeloma.

Besides separate attention require population groups those were exposed in early period of life – in uterus, in childhood (0–9 years old), teens (10–14).

For substantiated quantitative estimation of excess cancer cases in connection with obtained dose of radiation exposure, analytical epidemiological studies are needed.

REFERENCES

1. Shalimov S, Prysyzhnyuk A, Gristchenko V, Fuzik M, Slipenyuk K. [Chernobyl and cancer. Oncoepidemiological aspects of the problem]. Zhurnal Akademii Medychnykh Nauk Ukrainy. 2006;12(1):98-109. Ukrainian.
2. Prysyzhnyuk A, Gristchenko V, Fedorenko Z, Gulak L, Fuzik M, Slipenyuk K, Tirmarche M. Twenty years after the Chernobyl accident: solid cancer incidence in various groups of the Ukrainian population. Radiat Environ Biophys. 2007 Mar;46(1):43-51.
3. Prysyzhnyuk A, Gristchenko V, Fedorenko Z, Gulak L, Fuzik M, Slipenyuk K. Solid cancer incidence in various groups of population affected due to the Chernobyl accident. In: Blokov I, Sadownichik T, Labunskaya I, Volkov I, editors. The health effects of

- Sadownichik, I. Labunska, I. Volkov. – Amsterdam : Greenpeace International, 2007. – P. 124–136.
4. Иванов В. К. Эпидемиологический анализ радиационных рисков при малых дозах облучения: текущее состояние проблемы / В. К. Иванов, А. Ф. Цыб // Экологический риск и здоровье человека: проблемы взаимодействия : материалы научной сессии отделения профилактической медицины. Воронеж, 18-19 июня, 2002. – Воронеж : [б. и.], 2002. – С. 46–50.
5. Исламова А. Р. Заболеваемость злокачественными новообразованиями участниц ликвидации последствий аварии Чернобыльской АЭС : автореф. дис. ... канд. мед. наук 14.00.19 / Исламова Аэлита Разалиновна. – Обнинск : [б. и.], 2004. – 19 с.
6. Cancer in the Ukraine post-Chernobyl / A. Prisyazhiuk, O. A. Pjatak, V. A. Buzanov [et al.] // *The Lancet*. – 1991. – Vol. 338 (8778). – P. 1334–1335.
7. The time trends of cancer incidence in the most contaminated regions of the Ukraine before and after the Chernobyl accident / A. Prisyazhnyuk, V. Gristchenko, V. Zakordonets [et al.] // *Radiat. Environ. Biophys.* – 1995. – Vol. 34, Iss. 1. – P. 3–6.
8. Kazakov V. S. Thyroid cancer after Chernobyl / V. S. Kazakov, E. P. Demidchik, L. N. Astakhova // *Nature*. – 1992. – Vol. 359. – P. 21.
9. Childhood thyroid cancer since accident at Chernobyl / V. A. Stsjazhko, A. F. Tsyb, N. D. Tronko [et al.] // *Br. Med. J.* – 2005. – Vol. 310 (6982). – P. 801.
10. Thyroid cancer risk in areas of Ukraine and Belarus affected by the Chernobyl accident / P. Jacob, T. I. Bogdanova, E. Buglova [et al.] // *Radiat. Res.* – 2006. – Vol. 165, No. 1. – P. 1–8.
11. Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies / E. Ron, J. H. Lubin, R. E. Shore [et al.] // *Radiat Res.* – 1995. – Vol. 141, No. 3. – P. 259–277.
12. Thyroid cancer risk to children calculated / P. Jacob, G. Goulko, W. F. Heidenreich [et al.] // *Nature*. – 1998. – Vol. 392 (6671). – P. 31–32.
13. Childhood exposure due to the Chernobyl accident and thyroid cancer risk in contaminated areas of Belarus and Russia / P. Jacob, Y. Kenigsberg, I. Zvonova [et al.] // *Br. J. Cancer*. – 1999. – Vol. 80, No. 9. – P. 1461–1469.
14. Shore R. E. Issues and epidemiological evidence radiation-induced thyroid cancer / R. E. Shore // *Radiat. Res.* – 1992. – Vol. 131. – P. 98–111.
15. Brenner D. J. The relative effectiveness of exposure to ¹³¹I at low doses / D. J. Brenner // *Health Phys.* – 1999. – Vol. 76, No. 2. – P. 180–185.
16. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II. Solid tumors, 1958 – 1987 / D. E. Thompson, K. Mabuchi, K. Ron [et al.] // *Radiat. Res.* – 1994. – Vol. 137, Suppl. 2. – S17–67.
17. Thyroid cancer risk in Belarus after the Chernobyl accident: comparison with external exposures / P. Jacob, Y. Kenigsberg, G. Goulko [et al.] // *Radiat. Environ. Biophys.* – 2000. – No. 39. – P. 25–31.
18. Post-Chernobyl thyroid cancers in Ukraine. Report 1: estimation of thyroid doses / I. Likhtarov, L. Kovgan, S. Vavilov [et al.] // *Radiat. Res.* – 2005. – Vol. 163, No. 2. – P. 125–136.
- the human victims of the Chernobyl catastrophe: Collection of scientific articles, 2006. Amsterdam, the Netherlands: Greenpeace International; 2007. p. 124-36.
4. Ivanov VK, Tsyb AF. [Epidemiological analysis of radiation risks at low doses of irradiation: current status of the problem]. In: Ecological risk and human health: problems of interaction: Materials of scientific session of the section for preventive medicine. Voronezh, 2002 Jun 18-19. Voronezh: [publisher unknown]; 2002. p. 46-50. Russian.
5. Islamova AR. [Malignant tumours incidence in women participated in recovery operation works at the Chernobyl accident] [dissertation abstract]. Obninsk (RU): Medical Radiological Research Center; 2004. – 19 p. Russian.
6. Prisyazhiuk A, Pjatak OA, Buzanov VA, Reeves GK, Beral V. Cancer in the Ukraine, post-Chernobyl. *Lancet*. 1991 Nov 23;338(8778):1334-5.
7. Prisyazhnyuk A, Gristchenko V, Zakordonets V, Fouzik N, Slipeniuk Y, Ryzhak I. The time trends of cancer incidence in the most contaminated regions of the Ukraine before and after the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys*. 1995 Mar; 34(1):3-6.
8. Kazakov VS, Demidchik EP, Astakhova LN. Thyroid cancer after Chernobyl. *Nature*. 1992 Sep 3;359(6390):21.
9. Stsjazhko VA, Tsyb AF, Tronko ND, Souchkevitch G, Baverstock KF. Childhood thyroid cancer since accident at Chernobyl. *BMJ*. 1995 Mar 25;310(6982):801.
10. Jacob P, Bogdanova TI, Buglova E, Chepurniy M, Demidchik Y, Gavrilin Y, et al. Thyroid cancer risk in areas of Ukraine and Belarus affected by the Chernobyl accident. *Radiat Res*. 2006 Jan;165(1):1-8.
11. Ron E, Lubin JH, Shore RE, Mabuchi K, Modan B, Pottern LM, et al. Thyroid cancer after exposure to external radiation: a pooled analysis of seven studies. *Radiat Res*. 1995 Mar;141(3): 259-77.
12. Jacob P, Goulko G, Heidenreich WF, Likhtarev I, Kairo I, Tronko ND, et al. Thyroid cancer risk to children calculated. *Nature*. 1998 Mar 5;392(6671):31-2.
13. Jacob P, Kenigsberg Y, Zvonova I, Goulko G, Buglova E, Heidenreich WF, et al. Childhood exposure due to the Chernobyl accident and thyroid cancer risk in contaminated areas of Belarus and Russia. *Br J Cancer*. 1999 Jul;80(9):1461-9.
14. Shore RE. Issues and epidemiological evidence radiation-induced thyroid cancer. *Radiat Res*. 1992 Jul;131(1):98-111.
15. Brenner DJ. The relative effectiveness of exposure to ¹³¹I at low doses. *Health Phys*. 1999 Feb;76(2):180-5.
16. Thompson DE, Mabuchi K, Ron E, Soda M, Tokunaga M, Ochiaiko S, et al. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II. Solid tumors, 1958 – 1987. *Radiat Res*. 1994 Feb;137(2 Suppl):S17-67.
17. Jacob P, Kenigsberg Y, Goulko G, Buglova E, Gering F, Golovneva et al. Thyroid cancer risk in Belarus after the

19. Post-Chernobyl thyroid cancer in Ukraine. Report 2: risk analysis / I. Likhtarov, L. Kovgan, S. Vavilov [et al.] // *Radiat. Res.* – 2006. – Vol. 166, No. 2. – P. 375–386.
20. Епідеміологія раку щитовидної залози в Україні: оцінка чорнобильського впливу / А.Є. Присяжнюк, З.П.Федоренко, М.М.Фузик [та ін.] // *Журнал вушних, носових і горлових хвороб.* – 2008. – № 4-с. – С. 93–97.
21. Thyroid Cancer incidence in Ukraine: trends with reference to the Chernobyl accident / M. Fuzik, A. Prsyazhnyuk, Y. Shibata [et al.] // *Radiat. Environ. Biophys.* – 2011. – Vol. 50, No. 1. – P. 47–55.
22. Thyroid cancer incidence among adolescents and adults in Bryansk region of Russia following the Chernobyl accident / V. K. Ivanov, A. I. Gorski, M. A. Maksoutov [et al.] // *Health Phys.* – 2003. – Vol. 84, No. 1. – P. 46–60.
23. Ризик розвитку раку щитовидної залози у підлітків та дорослих, які проживають на територіях України з найбільшими інтегральними опадами радіюоду внаслідок аварії на ЧАЕС / А. Є. Присяжнюк [та ін.] // *Соціальні ризики / відп. ред. : Ю. І. Саєнко, Ю. О. Привалов.* – К. : ПЦ “Фоліант”, 2005. – Кн. 2. – С. 207–219.
24. Health Effects of the Chernobyl accident and Special Health Care Programmes : UN Chernobyl Forum expert group “Health” 2006 / World Health Organization; B. Bennett, M. Repacholi, Zh. Carr, editors. – Geneva : WHO, 2006. – 211 p.
25. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation : BEIR VII Report, phase II / Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council. – Washington, DC: The National Academies Press, 2006. – 424 p.
26. Elevated leukemia rates in Chernobyl accident liquidators (electronic letter) / V. Ivanov, A. F. Tsyb, A. I. Gorski [et al.] // *Br. Med. J.* – 2003. – Vol. 2 – P. 15–34. – Available from: <http://bmj.com/cgi/eletters/319/7203/145/a#31231>.
27. The Ukrainian-American study of leukemia and related disorders among Chernobyl cleanup workers from Ukraine: III. Radiation risks / A. Ye. Romanenko, S. C. Finch, M. Hatch [et al.] // *Radiat. Res.* – 2008. – Vol. 170, No. 6. – P. 711–720.
28. Возіанов О. Ф. Чорнобиль та медична наука / О. Ф. Возіанов // *Журн. Акад. мед. наук України.* – 2006. – Т.12, № 1. – С. 5–15.
29. Иванов В. К. Медицинские радиологические последствия Чернобыля для населения России: Оценка радиационных рисков / В. К. Иванов, А. Ф. Цыб – М. : Медицина, 2002. – 389 с.
30. Иванов В. К. Оценка медицинских последствий аварии на ЧЕЭС среди когорты ликвидаторов: солидные раки / В. К. Иванов, А. И. Горский, А. Ф. Цыб // *Епідеміологія медичних наслідків аварії на Чорнобильській АЕС. 20 років по тому : тези доповідей міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 9-10 жовтня 2007 р.* – Донецьк, 2007. – С. 45.
31. Risk of development of malignant tumors in the Ukraine after the Chernobyl accident / A. Prsyazhnyuk [et al.] // *Proceedings of the annual meeting of the Society for Risk Analysis-Europe: New Risk Frontiers, Stockholm 1997.* – Stockholm : School of Economics, 1997. – P. 790–799.
- Chernobyl accident: comparison with external exposures. *Radiat Environ Biophys.* 2000 Mar;39(1):25-31.
18. Likhtarov I, Kovgan L, Vavilov S, Chepurny M, Bouville A, Luckyanov N, et al. Post-Chernobyl thyroid cancers in Ukraine. Report 1: estimation of thyroid doses. *Radiat Res.* 2005 Feb;163(2):125-36.
19. Likhtarov I, Kovgan L, Vavilov S, Chepurny M, Ron E, Lubin J, et al. Post-Chernobyl thyroid cancers in Ukraine. Report 2: risk analysis. *Radiat Res.* 2006 Aug;166(2):375-86.
20. Prsyazhnyuk AYe, Fedorenko ZP, Fuzik MM, Trotsyuk NK, Gulak LO, Goroh YeL. [Epidemiology of thyroid cancer in Ukraine: evaluation of Chornobyl effect]. *Journal of ear, nose and throat diseases.* 2008;(4-c):93-7). Ukrainian.
21. Fuzik M, Prsyazhnyuk A, Shibata Y, Romanenko A, Fedorenko Z, Gulak L, et al. Thyroid Cancer incidence in Ukraine: trends with reference to the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys.* 2011 Mar;50(1):47-55.
22. Ivanov VK, Gorski AI, Maksoutov MA, Vlasov OK, Godko AM, Tsyb AF, et al. Thyroid cancer incidence among adolescents and adults in Bryansk region of Russia following the Chernobyl accident. *Health Phys.* 2003 Jan;84(1):46-60.
23. Prsyazhnyuk AYe, et al. [Risk of development of thyroid cancer in adolescents and adults living in territories of Ukraine with highest integral fallouts of radioactive iodine due to the Chornobyl accident]. In: Saienko Yul, Pryvalov, editors. *Sotsialni ryzyky.* Kyiv: PTs “Foliant”; 2005. Book 2. p. 207-19. Ukrainian.
24. World Health Organization; Bennett B, Repacholi M, Carr Zh, editors. *Health Effects of the Chernobyl accident and Special Health Care Programmes: report of the UN Chernobyl Forum expert group “Health” 2006.* Geneva: WHO; 2006. 211 p.
25. Committee to Assess Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, National Research Council. *Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation: BEIR VII Report, phase II.* Washington, DC: The National Academies Press, 2006. 424 p.
26. Ivanov VK, Tsyb AF, Gorski AI, Maksyutov MA, Khait SE, Preston D, Shibata Y. Elevated leukemia rates in Chernobyl accident liquidators [electronic letter]. *Br Med J* 2003. Available from: <http://bmj.com/cgi/eletters/319/7203/145/a#31231>.
27. Romanenko AY, Finch SC, Hatch M, Lubin JH, Bebeskko VG, Bazyka DA, et al. The Ukrainian-American study of leukemia and related disorders among Chornobyl cleanupworkers from Ukraine: III. Radiation risks. *Radiat Res.* 2008 Dec;170(6): 711-20.
28. Vozianov OF. [Chornobyl and medical science]. *Zhurnal Akademii Medychnykh Nauk Ukrainy.* 2006;12(1):5-15. Ukrainian.
29. Ivanov VK, Tsyb AF. [Medical consequences of the Chornobyl for Russian population: evaluation of radiation risks]. *Moskva: Meditsina;* 2002. 389 p. Russian.
30. Ivanov VK, Gorski AI, Tsyb AF. [Estimation of consequences of the Chornobyl accident in the cohort of recovery operation work-

32. Эпидемиологическое изучение злокачественных новообразований у пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС. Итоги, проблемы и перспективы / А. Е. Присяжнюк [и др.] // Международный журнал радиационной медицины. – 1999, № 2. – С. 42–50.
33. Захворюваність на рак молочної залози жіночого населення України до та після аварії на ЧАЕС / А. Є. Присяжнюк А. Ю. Романенко, М. М. Фузик [та ін.] // Журн. Акад. мед. наук України. – 2007. – Т. 13, № 4. – С. 676–687.
34. Епідеміологія раку молочної залози в Україні. Оцінка можливого Чорнобильського впливу / А. Є. Присяжнюк, А. Ю. Романенко, З. П. Федоренко [та ін.] // Чорнобильський науковий вісник. – 2008. – № 2 [32]. – С. 47–54.
35. Ostapenko V. A. Breast cancer rates among women in Belarus, prior and following the Chernobyl catastrophe / V. A. Ostapenko, E. J. Dainiak, K. L. Hunting // Proceedings of an International Conference on Diagnosis and Treatment of Radiation injury. 1998 Aug 30 – Sep 3; Rotterdam, Netherlands. Rotterdam; 1998. – P. 304–307.
36. Breast cancer in Belarus and Ukraine after the Chernobyl accident / E. Pukkala, A. Kesminiene, S. Poliakov [et al.] // Int. J. Cancer. – 2006. – Vol. 119, No. 3. – P. 651–658.
37. European Health for All database (HFA-DB) [Electronic resource]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Available from: <http://www.euro.who.int/en/data-and-evidence/databases/european-health-for-all-database-hfa-db>.
38. Leukemia incidence in the Zhytomir and Kiev Regions of the Ukraine / Z. Fedorenko [et al.] // The French-German initiative: Results and their Implication for man and Environment : International workshop, Kiev, October 5-6 2004. – K. [s. n.], 2004. – P. 37.
39. Leukemia incidence in Ukraine (Chernihiv and Sumy Regions) / V. G. Bebeshko [et al.] // The French-German initiative: Results and their Implication for man and Environment: International workshop, Kiev, October 5-6 2004. – K. : [s. n.], 2004. – P. 54–55.
40. Leukemia and lymphomas at population of Ukraine exposed to chronic low dose irradiation / V. G. Bebeshko [et al.] // Low doses of ionizing radiation: biological effects and regulatory control. – Vienna : IAEA, 1997. – P. 871–878.
41. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III : Leukemia, lymphoma and multiple myeloma, 1950-1987 / D. L. Preston, S. Kusumi, M. Tomonaga [et al.] // Radiat. Res. – 1994. – Vol. 137, Suppl. 2. – S68–S97.
42. Medical radiological consequences of the Chernobyl catastrophe in Russia: Estimation of radiation risks / V. Ivanov, A. Tsyb, S. Ivanov, V. Pokrovsky. – St. Petersburg : Nauka, 2004. – 387 p.
43. Radiation and the risk of chronic lymphocytic and other leukemias among chornobyl cleanup workers / L. B. Zablotska , D. Bazyka , J. H. Lubin , N. Gudzenko , M. P. Little , M. Hatch , [et al.] // Environmental Health Perspectives – 2013. – Vol. 121, No.1 – P. 59–95.
44. Incidence of female breast cancer among atomic bombing survivors, 1950 – 1985 / M. Tokunaga et al. // Radiat. Res. – 1994. – Vol. 138, No. 2. – P. 209–223.
- ers: solid cancers]. In: Epidemiology of health consequences of the Chernobyl accident after 20 years. Abstracts of international scientific and practical conference; 2007 Oct 9-10; Kyiv Ukraine. Donetsk; 2007. p. 45. Russian.
31. Prysazhnyuk A, et al. Risk of development of malignant tumors in the Ukraine after the Chernobyl accident. In: Proceedings of the Annual Meeting of the Society for Risk Analysis-Europe: New Risk Frontiers, Stockholm 1997. Stockholm: School of Economics; 1997. p. 790-9.
32. Prysazhnyuk A, et al. [Epidemiological study of malignant tumours in victims of the Chernobyl accident: Outcomes, problems, perspectives]. International journal of radiation medicine. 1999;(2):42-50. Russian.
33. Prysazhnyuk AYe, Fedorenko ZP, Fuzik MM, Trotsyuk NK, Gulak LO, Goroh YeL, et al. [Breast cancer incidence in female population of Ukraine before and after the Chernobyl accident]. Zhurnal Akademii Medychnykh Nauk Ukrainy. 2007;13(4):676-87. Ukrainian.
34. Prysazhnyuk AYe, Romanenko AYe, Fedorenko ZP, et al. [Epidemiology of breast cancer in Ukraine. Estimation of possible effect of the Chernobyl accident]. Chornobyl scientific bulletin. 2008;2(32):47-54. Ukrainian.
35. Ostapenko VA, Dainiak EJ, Hunting KL. Breast cancer rates among women in Belarus, prior and following the Chernobyl catastrophe. In: Proceedings of an International Conference on Diagnosis and Treatment of Radiation injury. 1998 Aug 30 – Sep 3; Rotterdam, Netherlands. Rotterdam; 1998. p. 304-7.
36. Pukkala E, Kesminiene A, Poliakov S, Ryzhov A, Drozdovitch V, Kovgan L, et al. Breast cancer in Belarus and Ukraine after the Chernobyl accident. Int J Cancer. 2006 Aug 1;119(3):651-8.
37. European Health for all database (HFA-DB) [Internet]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Available from: <http://www.euro.who.int/en/data-and-evidence/databases/european-health-for-all-database-hfa-db>.
38. Fedorenko Z, et al. Leukemia incidence in the Zhytomir and Kiev Regions of the Ukraine. In: The French-German initiative: Results and their Implication for man and Environment : International workshop; 2004 Oct 5-6; Kiev, Ukraine. Kiev; 2004. p. 37.
39. Bebeshko VG, et al. Leukemia incidence in Ukraine (Chernihiv and Sumy Regions). In: The French-German initiative: Results and their Implication for man and Environment : International workshop; 2004 Oct 5-6; Kiev, Ukraine. Kiev; 2004. p. 54-55.
40. Bebeshko VG, Bruslova EM, Klimenko VI, Dyagil IS, Drozdova VD. Leukemias and lymphomas in Ukraine population exposed to chronic low dose irradiation. In: Low doses of ionizing radiation: biological effects and regulatory control. Vienna: IAEA; TECDOC-976; 1997. p. 337-8.
41. Preston DL, Kusumi S, Tomonaga M, Izumi S, Ron E, Kuramoto A, et al. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part III : Leukemia, lymphoma and multiple myeloma, 1950-1987. Radiat Res. 1994 Feb;137(2 Suppl):S68-97.

42. Ivanov V, Tsyb A, Ivanov S, Pokrovsky V. Medical radiological consequences of the Chernobyl catastrophe in Russia: Estimation of radiation risks. St. Petersburg: Nauka; 2004. 387 p.
43. Zablotska LB, Bazyka D, Lubin JH, Gudzenko N, Little MP, Hatch M, et al. Radiation and the risk of chronic lymphocytic and other leukemias among Chernobyl cleanup workers. Environ Health Perspect. 2013 Jan;121(1):59-65.
44. Tokunaga M, Land CE, Tokuoka S, Nishimori I, Soda M, Akiba S. Incidence of female breast cancer among atomic bombing survivors, 1950-1985. Radiat Res. 1994 May;138(2):209-23.

Стаття надійшла до редакції 12.08.2014

Received: 12.08.2014