

УДК 57+616:539.1.047:599.89:616-006-036.22:616-001.28:614.876

А. Є. Присяжнюк¹, М. М. Фузік¹✉, Н. А. Гудзенко¹, Д. А. Бази́ка¹, З. П. Федоренко²,
А. Ю. Рижов^{2,3}, О. В. Сумкіна², Н. К. Троцюк¹, О. М. Хухрянська¹, С. А. Даневич¹

¹Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, м. Київ, 04050

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

³Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01033

ЗАХВОРЮВАНІСТЬ НА ЗЛОЯКІСНІ НОВОУТВОРЕННЯ МЕШКАНЦІВ МАЛИХ ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ЧОРНОБИЛЬСЬКОГО РЕГІОНУ У ВІДДАЛЕНОМУ ПІСЛЯАВАРІЙНОМУ ПЕРІОДІ

Мета: оцінити рівень та динаміку реалізації ризиків виникнення злоякісних новоутворень у мешканців малих територіальних одиниць Чорнобильської зони у зв'язку з експозицією до низьких доз радіаційного опромінення.

Матеріали та методи. Досліджувана популяційна група – населення Бородянського, Іванківського, Поліського районів Київської області, Лугинського, Народицького та Овруцького районів Житомирської області. Всього – 175,1 тис. мешканців у 2017 р. Період спостереження – 1980–2017 рр. Досліджувалась захворюваність на всі форми злоякісних новоутворень та їх окремі нозологічні форми, виникнення яких може бути радіаційно-асоційованим (рак щитоподібної залози, рак молочної залози, новоутворення кровотворної та лімфоїдної систем). Використовувались методи варіаційної статистики, дескриптивної та аналітичної епідеміології.

Результати. Вплив іонізуючого випромінювання на населення найбільш забруднених радіонуклідами районів зумовлює питання щодо потенційної загрози виникнення негативних онкологічних ефектів, особливо раку щитоподібної залози. Середні сумарні ефективні дози опромінення всього тіла за рахунок радіоцезію впродовж тривалого часу (1986–2005 рр.) у мешканців районів (7,6–45,8 мЗв) перевищують рівні середніх по Житомирській (5,9 мЗв), Київській (4,9 мЗв) областях і по Україні в цілому (2,48 мЗв) та у мешканців інших районів Півночі країни. Середні поглинуті щитоподібною залозою дози внутрішнього опромінення (161–1559 мГр) найбільш вразливої групи населення – дітей та підлітків (0–18 років на момент аварії) цих районів, отримані за короткий післяаварійний період, значно перевищують показники Житомирської (87 мГр), Київської (81 мГр) областей та України в цілому (19 мГр). Показники опромінення дорослих мешканців цих територій були нижчими, але значно перевищували середні дози, отримані населенням України і великих територіальних одиниць. Захворюваність на всі форми злоякісних новоутворень населення 6 районів впродовж перед- та післяаварійного періоду в цілому була нижче національного рівня і показників Київської області та істотно не відрізнялась від показників Житомирської області. Разом з тим частота раку щитоподібної залози істотно перевищила показники доаварійного періоду і Житомирської області.

Висновки. Отримані результати свідчать про необхідність подальшого моніторингу злоякісних новоутворень у населення не тільки України в цілому та її крупних адміністративно-територіальних одиниць, але й серед мешканців окремих районів, враховуючи ймовірність реалізації ризиків виникнення радіаційно-асоційованих захворювань у віддалений післяаварійний період відповідно до місцевих екологічних умов.

Ключові слова: аварія на ЧАЕС, радіаційне опромінення, злоякісні новоутворення, мешканці забруднених радіонуклідами територій.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2020 Вип. 25. С. 265–284. doi: 10.33145/2304-8336-2020-25-265-284

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

A. Ye. Prysyzhnyuk¹, M. M. Fuzik¹✉, N. A. Gudzenko¹, D. A. Bazyka¹, Z. P. Fedorenko²,
A. Yu. Ryzhov^{2,3}, O. V. Soumkina², N. K. Trotsyuk¹, O. M. Khukhrianska¹, S. A. Danevych¹

¹State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka St., Kyiv, 04050, Ukraine

²National Cancer Institute, 33/43 Lomonosova St., Kyiv, 03022, Ukraine

³Taras Shevchenko National University of Kyiv, 60 Volodymyrska St., Kyiv, 01033, Ukraine

INCIDENCE OF MALIGNANT NEOPLASMS AMONG RESIDENTS OF SMALL RADIONUCLIDE-CONTAMINATED CHORNOBYL DISTRICTS IN A POST-ACCIDENT PERIOD

Objective. To assess the level of risks of development of malignant neoplasms among the residents of small Chernobyl districts («rayons») in connection with low-dose radiation exposure and its dynamic changes.

Materials and methods. The study population included residents of Borodianka, Ivankiv and Poliske districts of Kyiv region («oblast») and Luhyny, Narodychi and Ovruch districts of Zhytomyr region, 175,100 inhabitants in 2017. The study period was 1980–2017. All cancers incidence rates as well as rates of potentially radiation-associated sites (breast, thyroid, hematopoietic and lymphoid systems) were calculated and analysed. Methods of variation statistics, descriptive and analytical epidemiology were used.

Results. The impact of ionizing radiation on population of the most radionuclide-contaminated districts raises concerns of the potential threat of adverse cancer effects, especially thyroid cancer. The average total whole-body effective radiation doses received due to cesium during long time (1986–2005) among residents of the study districts (7.6–45.8 mSv) exceeded that in Zhytomyr (5.9 mSv), Kyiv (4.9 mSv) regions and Ukraine as a whole (2.48 mSv), but also in other districts in the North Ukraine. The average doses of internal radiation absorbed by the thyroid gland (161–1559 mGy) among the most vulnerable population – children and adolescents (aged 0–18 years at the time of the accident) of these areas, and obtained in the short post-accident period, significantly exceed that in Zhytomyr (87 mGy), Kyiv (81 mGy) regions and Ukraine as a whole (19 mGy). Irradiation rates of adult residents of these territories were lower, but significantly exceeded the average doses received by the population of Ukraine and large administrative units. Overall cancer incidence in the 6 districts during pre- and post-accident periods was lower comparing to Ukraine's and Kyiv region's rates, and did not significantly differ from Zhytomyr region's rates. At the same time, the incidence rates of thyroid cancer significantly exceeded that of the pre-accident period as well as Zhytomyr region's rates.

Conclusions. The results of the study indicate needs for further monitoring of malignant neoplasms not only in the population of Ukraine as a whole and its large administrative-territorial units, but also among residents of particular areas, given the likelihood of the realization of the risks of radiation-associated diseases in the distant post-accident period in accordance with local environmental conditions.

Key words: Chernobyl NPP accident, radiation exposure, malignant neoplasms, residents of the radionuclide-contaminated districts.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2020;25:265-284. doi: 10.33145/2304-8336-2020-25-265-284

ВСТУП

Узагальнення даних щодо рівня і основних тенденцій динаміки захворюваності на злоякісні пухлини впродовж 30-річного періоду після Чорнобильської катастрофи, оцінка величини радіаційних ризиків раку мають не тільки практичне, але й теоретичне значення. Такі дослідження виконуються у трьох найбільш постраждалих внаслідок цієї аварії країнах – Україні, Білорусі, Росії [1–5]. Слід зазначити, що вони переважно мають дескриптивний ха-

INTRODUCTION

Generalization of data on cancer incidence and its main dynamic trends during the 30-year period after the Chernobyl nuclear power plant accident, assessment of the magnitude of radiation risks of cancer has both theoretical and practical significance. Such studies are performed in the three countries most affected by this accident – Ukraine, Belarus, Russia [1–5]. It should be noted, that most of these studies are of descriptive nature,

✉ Mykola M. Fuzik, e-mail: mfuzik@gmail.com

раक्टर, а при оцінці можливого впливу радіаційного фактора на розвиток злоякісних новоутворень застосовується екологічний підхід.

Надзвичайно важливими є вивчення та порівняння отриманих даних з результатами подібних досліджень у країнах світу, де внаслідок природних або техногенних факторів населення деяких територій зазнає перманентного радіаційного впливу. До таких територій належать Гуарапарі (Бразилія), Рамсар (Іран), Карунагапаллі (штат Керала, Індія), Янгдзян (КНР), Тайвань, де наявний підвищений радіаційний фон за рахунок природного елементу монациту, який розпадається на радій, актиній та радон. Слід зазначити, що в Україні на узбережжі Азовського моря зустрічаються поклади монацитових пісків, які містять торій-232, уран-238 (так звані «чорні піски»). Відвідини пляжів, піщане покриття яких містить такі елементи, роблять певний вклад у дози опромінення за рахунок природної компоненти. Річні дози опромінення, отримані мешканцями деяких з перелічених регіонів, були відносно низькими – зазвичай менше 20 мГр. Надлишковий відносний ризик (ERR) виникнення солідних раків, оцінений на основі цих досліджень, не перевищував 0,2 Гр⁻¹. З іншого боку, річні дози опромінення отримані численною групою мешканців, які проживали в районі річки Теча (Росія) і зазнали опромінення радіонуклідами техногенного походження, перевищили 50 мГр, а розрахунки ERR показали, що його величина була більшою, ніж 0,5 Гр⁻¹. Оцінка ERR, отримана на основі досліджень осіб, які пережили атомні бомбування, складала 0,47 Гр⁻¹. Наведені результати дають підставу вважати, що ризик розвитку солідного раку, асоційованого з дозами понад 50–100 мГр (отриманими менш ніж за рік), більш ніж удвічі перевищує ризик раку в разі пролонгованої впродовж року експозиції доз менших за 20 мГр [6].

Поряд з цим у рамках Міжнародної комісії радіаційного захисту (МКРЗ) досягнута загальна згода [7] щодо того, що епідеміологічні методи, використовувані для оцінки ризику раку, не мають достатньої статистичної потужності, щоб прямо виявити ризики раку в діапазоні доз до 100 мЗв. При розробці рекомендацій все більше зростає роль біологічних даних, коли в результаті невизначеності або суперечок виникає потреба досягти науково збалансованої точки зору на основі критично проаналізованих даних.

Набутий нами досвід свідчить про значні труднощі в оцінці канцерогенних ефектів, які спричинені Чорнобильською катастрофою. Для їх надійного обґрунтування необхідно мати коректну оцінку радіаційних доз і достовірні дані щодо частоти злоякісних новоут-

and ecological approach is usually used to assess the possible impact of radiation on the development of malignant neoplasms.

It is extremely important to study the obtained data and compare them with the results of similar studies in countries around the world, where due to natural or man-made factors the population of some areas is exposed to permanent radiation exposure. These areas include Guarapari (Brazil), Ramsar (Iran), Karunagapalli (Kerala, India), Yangjiang (China), Taiwan, where increased radiation background is observed due to decay of monazite into radium, actinium and radon. It should be noted, that in Ukraine on the coast of the Sea of Azov there are deposits of monazite sands containing thorium-232, uranium-238 (so-called «black sands»). Visits to beaches the sandy surface of which contains such elements may contribute to the radiation exposure as the natural component. Annual radiation doses received by residents of some of these districts were relatively low – usually less than 20 mGy. The excess relative risk (ERR) of solid cancers, estimated on the basis of these studies, did not exceed 0.2 Gy⁻¹. On the other hand, the annual radiation doses received by a large group of residents living in the Techa River (Russia) and exposed to radiation by man-made radionuclides exceeded 50 mGy, and ERR calculations showed that its value was greater than 0.5 Gy⁻¹. The ERR based on studies of survivors of the atomic bombings was 0.47 Gy⁻¹. These results suggest that the risk of developing solid cancer associated with doses above 50–100 mGy (received in less than a year) is more than twice as high as the risk of cancer in the case of prolonged exposure to doses less than 20 mGy [6].

In addition, the International Commission on Radiation Protection (ICRP) agreed [7] that epidemiological methods used to assess cancer risk do not have sufficient statistical power to directly detect cancer risks in the dose range up to 100 mSv. In the development of recommendations, the role of biological data is increasingly growing, when uncertainty or inconsistency necessitates achieving the scientifically balanced point of view based on critically analyzed data.

Our experience shows significant difficulties in assessing the carcinogenic effects caused by the Chernobyl accident. For their reliable reasoning, it is necessary to have a correct estimate of radiation doses and reliable data on the frequency of malig-

ворень у групах населення, які зазнали радіаційного опромінення. Проведенню таких досліджень значною мірою сприяє наявність вичерпних джерел інформації – бази даних Державного реєстру постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи (ДРУ) та Національного канцер-реєстру України (НКРУ), де накопичується та зберігається персоніфікована інформація про хворих на злоякісні новоутворення, що допомагає дослідникам уникнути виконання великого об'єму рутинної роботи щодо збору, систематизації і обробки первинних даних [8, 9].

МЕТА

Метою поточного дослідження була оцінка рівня та динаміки реалізації ризиків виникнення злоякісних новоутворень у перед- та післяаварійний періоди у мешканців малих територіально-адміністративних одиниць Чорнобильської зони в умовах експозиції до низьких доз радіаційного опромінення.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Досліджувана популяційна група – мешканці Лугинського, Народицького, Овруцького районів Житомирської області, Бородянського, Іванківського, Поліського, Чорнобильського (у 1980–1985 рр.) районів Київської області. Період ретроспективного і поточного спостереження охоплює 1980–2017 рр. Вивчена захворюваність на злоякісні новоутворення в цілому та на окремі нозологічні форми (рак щитоподібної, молочної залози, новоутворення кровотворної та лімфоїдної систем). Чисельність постійного населення зазначених районів на момент аварії на ЧАЕС складала 360,7 тис., а у 2017 р. – 175,1 тис. осіб.

Райони Житомирської та Київської областей внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС підпали під різного ступеня забруднення радіонуклідами, у зв'язку з чим мешканці окремих територіальних одиниць зазнали опромінення в дозах, які суттєво перевищують такі для населення України в цілому. Насамперед це стосується доз опромінення щитоподібної залози за рахунок випадіння ¹³¹I.

Матеріали Національних доповідей 2006, 2011, 2016 рр. щодо постраждалого внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС населення [10–12] свідчать про те, що дози опромінення всього тіла і щитоподібної залози у мешканців досліджуваних районів Житомирської та Київської областей і населення України в цілому суттєво відрізняються (табл. 1).

У межах великих територіальних одиниць (Україна, Житомирська, Київська області) зареєстровані найнижчі показники опромінення – середня сумарна

nant neoplasms in groups of the population that have been exposed to radiation. Such studies are greatly facilitated by the availability of comprehensive sources of information – the database of the State Register of persons affected by the Chernobyl disaster (SRU) and the National Cancer Registry of Ukraine (NCRU), which collects and stores personalized information about patients with malignant neoplasms, helping researchers avoid a lot of routine work on the collection, systematization and processing of primary data [8,9].

OBJECTIVE

The objective of the study was to assess the level and time patterns of risks of development of malignant neoplasms in pre- and post-accident periods among the residents of small administrative-territorial entities (units) of the Chernobyl zone under the low-dose radiation exposure.

MATERIALS AND METHODS

The study population included residents of Luhyny, Narodychi and Ovruch districts of Zhytomyr region and Borodianka, Ivankiv, Poliske and Chernobyl (1980–1985) districts of Kyiv region. The period of retrospective and current research was 1980–2017. Incidence rates of all cancers as well as of selected sites (breast, thyroid, hematopoietic and lymphoid systems) were calculated and analysed. The permanent population of the districts was 360,700 inhabitants at the time of the accident and 175,100 persons in 2017.

Districts of Zhytomyr and Kyiv regions after the Chernobyl NPP accident were exposed to radionuclide pollution of various degrees; thereby residents of particular districts were exposed to radiation doses that significantly exceeded those of Ukrainian population as a whole. First of all, it concerns doses of irradiation of thyroid gland due to ¹³¹I fallouts.

Materials of the National Reports (2006, 2011, 2016) regarding the population affected by the Chernobyl accident [10–12] indicate that the whole-body and thyroid gland radiation doses in residents of the studied areas of Zhytomyr and Kyiv oblasts and Ukrainian population as a whole differ significantly (Table 1).

Within large territorial units (Ukraine, Zhytomyr and Kyiv regions) the lowest irradiation values were registered: the average total effec-

Таблиця 1
Середні сумарні ефективні дози опромінення всього тіла та середні дози опромінення щитоподібної залози від радіоїоду населення забруднених радіонуклідами територій України [10–12*]
Table 1
Average total effective whole-body and thyroid gland radiation doses from radioiodine to the population of radionuclide-contaminated areas of Ukraine [10–12*]

Території / territories	Середня сумарна ефективна доза опромінення за 1986–2005 рр., мЗв The average total effective radiation doseduring 1986–2005, mSv	Середня поглинена щитоподібною залозою доза за рахунок ¹³¹ I осіб віком 0–18 років, мГр The average dose of ¹³¹ I absorbed by thyroid gland in residents aged 0–18 years, mGy
Україна / Ukraine	2,48 (1,72)**	19
Київська обл. / Kyiv region	4,9 (4,76)**	81
Бородянський р-н / Borodianka district	8,7	161
Іванківський р-н / Ivankiv district	7,6	199
Поліський р-н / Poliske district	37,3	778
Житомирська обл. / Zhytomyr region	5,9 (6,19)**	87
Лугинський р-н / Luhyny district	23,3	318 (163)***
Народицький р-н / Narodychi district	45,8	1559 (634)***
Овруцький р-н / Ovruch district	22,4	533 (255)***
6 районів / districts	22,4	524

Примітки. * – Національні доповіді 2006, 2011, 2016 рр. [10–12]; ** – ** уточнені дані за 1986–2011 рр.; *** – дози для усіх вікових груп
Notes. * – National reports (2006, 2011, 2016) [10–12]; ** – up-to-date information 1986–2011; *** – all age groups' doses

ефективна доза, отримана впродовж 20 років (1986–2005 рр.) склала 2,48–5,9 мЗв. Впродовж 1986–2011 рр. ефективна доза сумарного опромінення цього населення дещо зросла: у Київській області – до 4,76 мГр, у Житомирській – до 6,19 мГр. Проведені нами на основі даних Національних доповідей розрахунки показали, що середня зважена доза опромінення 12 401 мешканця територій Київської області з рівнем забруднення радіонуклідами від 555 кБк/м² до > 1480 кБк/м² склала 133,5 мЗв, а цей показник для 11 610 мешканців територій Житомирської області з таким же рівнем забруднення становить 89,3 мЗв. На всіх інших аналогічних за рівнем забруднення радіонуклідами територій України аналізований показник склав 109 мЗв.

Щодо середньої зваженої дози опромінення на малих територіях, то у мешканців Іванківського і Бородянського районів вона складала 7,6 мЗв та 8,7 мЗв, відповідно. Серед 18 790 осіб Іванківського району (50,0 % суб'єктів, які знаходяться на обліку ДРУ) у 99,0 % накопичені за 30 післяаварійних років дози були меншими за 20 мЗв. Істотно вищими є дози опромінення мешканців інших чотирьох досліджуваних районів – Поліського, Лугинського, Народицького, Овруцького (22,4–45,8 мЗв). Накопичені за 30 років дози опромінення у 10 187 осіб Народицького району (74 % суб'єктів, які знаходяться на обліку в ДРУ) та у 17 341 особи (41,7 %) Овруцького району коливались в інтервалі від 20 до ≥ 50 мЗв.

tive dose received during 20 years (1986–2005) was 2.48–5.9 mSv. Till 2011 the effective total radiation dose of this population slightly increased: in Kyiv region up to 4.76 mGy, in Zhytomyr region up to 6.19 mGy. Our calculations based on the data of the National Reports showed that the average weighted radiation dose of 12,401 inhabitants of Kyiv region with the level of radionuclide contamination from 555 to > 1480 kBq/m² was 133.5 mSv, and for 11,610 inhabitants of Zhytomyr region same pollution level it was 89.3 mSv (with the same pollution level). In all other areas of Ukraine with similar radionuclide contamination, the analyzed rate was 109 mSv.

Regarding the weighted average radiation dose in small areas, it was 7.6 and 8.7 mSv for residents of Ivankiv and Borodianka districts respectively. In 99.0 % of 18,790 people in Ivankiv district (that consists 50 % of Ivankiv residents registered in the SRU), the doses accumulated during 30 post-accident years were less than 20 mSv. The radiation doses of the residents of the rest of districts – Poliske, Luhyny, Narodychi, Ovruch (22.4–45.8 mSv) are significantly higher. Accumulated radiation doses over 30 years in 10,187 residents of Narodychi district (74 % of subjects registered in the SRU) and in 17,341 people (41.7 %) of Ovruch district fluctuated in the range from 20 to ≥ 50 mSv.

На цих територіях виявлено істотні відмінності у величині середньої поглиненої щитоподібною залозою дози у осіб віком 0–18 років на момент аварії за рахунок ^{131}I , отриманої за короткий часовий відрізок (впродовж декількох місяців). Показники в Україні в цілому, Київській і Житомирській областях у цій віковій групі склали 19, 81, 87 мГр, відповідно; у Іванківському та Бородянському районах ці показники значно вищі – 199 та 161 мГр; у Поліському, Лугинському, Народицькому районах – 318–1559 мГр. Дози опромінення дорослих мешканців досліджуваних територій були нижчими (163–634 мГр), але значно перевищували середні дози, отримані населенням великих територіальних одиниць і України в цілому. Зважаючи на домінуючу в даний час безпорогову концепцію радіаційного канцерогенезу, приведені дані можуть свідчити про існування різного ступеня реалізації ризику виникнення злоякісних новоутворень у мешканців перелічених територій.

РЕЗУЛЬТАТИ

Представлені результати дослідження частоти і динамічних моделей захворюваності на злоякісні новоутворення різних груп постраждалого населення впродовж тривалого періоду спостереження. Проаналізовано рівень і динаміку показників захворюваності на злоякісні новоутворення населення України, Київської, Житомирської областей та найбільш забруднених радіонуклідами районів, які є частиною зазначених областей за два періоди – доаварійний (1980–1985 рр.) та після аварії (1986–2017 рр.) (рис. 1). Рівень захворюваності населення забруднених територій до аварії на ЧАЕС та після неї був нижчим, порівняно з таким в Україні та Київській області, і близьким до показників Житомирської області. Привертають увагу схожі часові моделі захворюваності на порівнюваних територіях: з 1980–1992 рр. – спостерігалось зростання показників захворюваності, з 1993–2005 рр. – певне зниження, а у 2006–2016 рр. – знову зростання рівня захворюваності [13].

Для візуального порівняння можливого радіаційного впливу на захворюваність на злоякісні новоутворення мешканців окремих районів приведені показники частоти цієї патології у 2011–2017 рр., а також середні ефективні дози опромінення, накопичені впродовж 1986–2005 рр. (табл. 2, рис. 2).

Встановлено, що середній показник захворюваності мешканців 6 районів Київської і Житомирської областей у 2011–2017 рр. був нижче показника по Україні в цілому: $(210,0 \pm 3,2) \cdot 10^{-5}$ проти $(224,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}$, відповідно. Разом з тим у двох районах – Бородянському та Іванківському показники захворюваності дещо пе-

In these areas, significant differences were found in the value of average dose absorbed by thyroid gland of persons aged 0–18 years at the time of the accident due to ^{131}I obtained in a short period of time (during several months). In Ukraine, Kyiv and Zhytomyr regions the values of this age group were 19, 81, 87 mGy respectively; in Ivankiv and Borodianka districts they were much higher – 199 and 161 mGy respectively; in Poliske, Luhyny, Narodychi districts they were 318–1559 mGy. Irradiation doses among adults in the study areas were lower (163–634 mGy), but significantly higher than the average doses received by the population of large administrative units and Ukraine as a whole. Given the currently dominant non-threshold concept of radiation carcinogenesis, these data may indicate the existence of varying degrees of realization of cancer risk among the inhabitants of these areas.

RESULTS

The results of the study of cancer incidence and its trends in different groups of the affected population over a long period of observation are presented [13]. The level of cancer incidence and its and dynamics in Ukraine, Kyiv and Zhytomyr regions and the most radionuclide-contaminated districts, which are part of these regions were analyzed for pre- (1980–1985) and post-accident (1986–2017) periods (Fig 1). The incidence in the contaminated districts was lower than in Ukraine and Kyiv region, and similar to that of Zhytomyr region, both in pre- and post-accident periods. Similar temporal models of incidence in the compared areas are noteworthy: in 1980–1992 there was an increase in incidence rates, in 1993–2005 there was a certain decrease, and in 2006–2016 cancer incidence rates increased again [13].

To compare the possible radiation impact on cancer incidence in particular districts, the frequency of this pathology in 2011–2017, as well as the average effective radiation doses accumulated during 1986–2005 are presented (Table 2, Fig. 2).

It was found that the average incidence rate among residents of 6 districts in 2011–2017 was lower than in whole Ukraine: $(210.0 \pm 3.2) \cdot 10^{-5}$ vs. $(224.6 \pm 0.2) \cdot 10^{-5}$. However, in two districts (Borodianka and Ivankiv) the incidence rates slightly exceed the national level. In the rest of

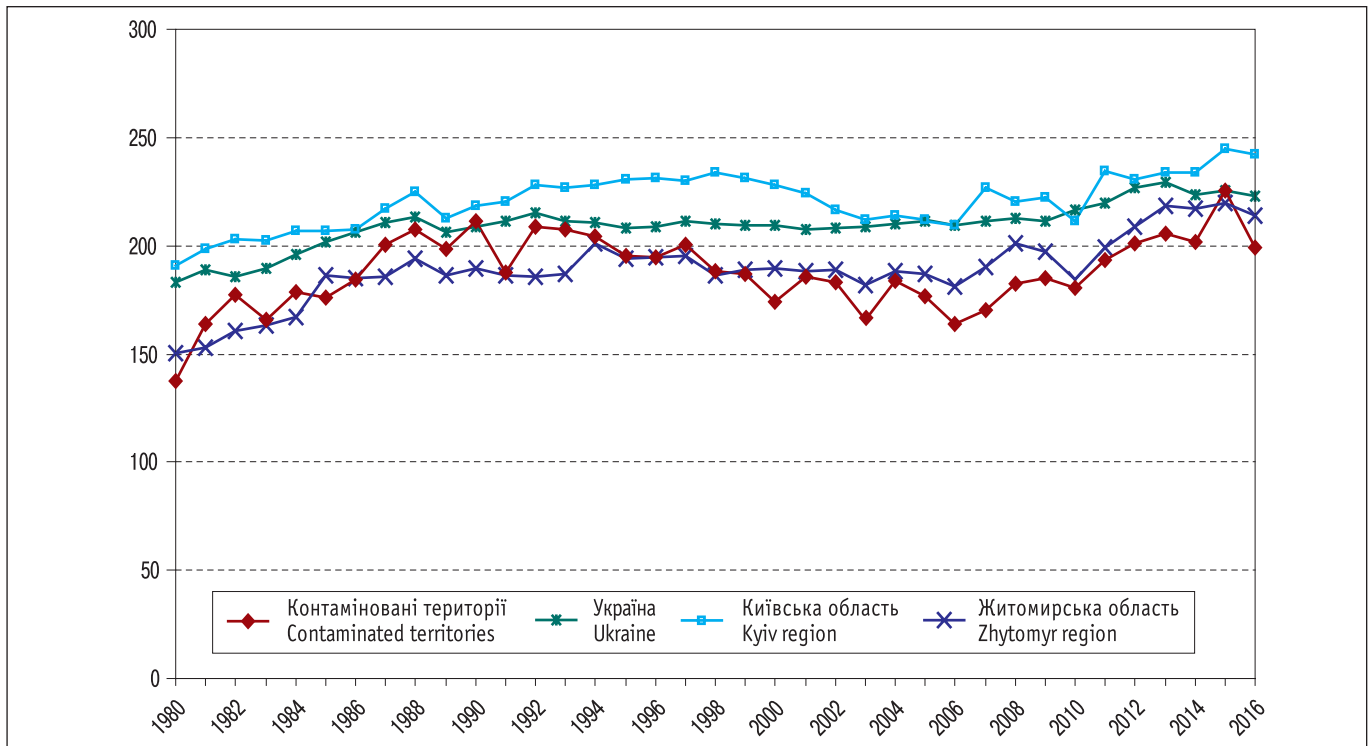


Рисунок 1. Динаміка захворюваності на всі форми злоякісних новоутворень (МКХ-10: C00–C96) населення України, Київської, Житомирської областей і найбільш забруднених радіонуклідами територій упродовж 1980–2017 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 населення)

Figure 1. Trends in cancer incidence (ICD-10: C00–C96) in populations of Ukraine, Kyiv and Zhytomyr regions, and the most radionuclide contaminated districts during 1980–2018 (World age-standardized rates per 100,000)

Таблиця 2

Захворюваність на злоякісні новоутворення мешканців 6 найбільш забруднених радіонуклідами територій Житомирської та Київської областей у 2011–2017 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 населення)

Table 2

Incidence of malignant neoplasms among residents of the 6 most radionuclide-contaminated districts of the Zhytomyr and Kyiv regions in 2011–2017 (World age-standardized rates per 100,000).

Райони Districts	Всі форми ЗН (МКХ-0: C00–C96)		Рак жіночої молочної залози (МКХ-10: C50)		Рак щитоподібної залози (МКХ-10: C73)		ЗН лімфоїдної та кровотворної тканини (МКХ-10: C81–C96)	
	All cancer sites (ICD-10 C00–C96)		Breast (ICD-10:C50)		Thyroid (ICD-10: C73)		Hematopoietic and lymphoid systems (ICD-10: C81–C96)	
	Показник Rate	СП / SE*	Показник Rate	СП / SE	Показник Rate	СП / SE	Показник Rate	СП / SE
Бородянський / Borodianka	240,2	6,1	49,6	3,8	10,1	1,4	14,4	1,6
Іванківський / Ivankiv	231,9	8,1	50,2	5,4	10,4	2,0	14,8	2,1
Поліський / Poliske	192,5	17,6	44,2	10,7	19,3	6,8	5,7	2,9
Лугинський / Luhany	199,5	10,5	31,1	5,8	5,4	2,2	16,4	3,3
Народицький / Narodychi	167,9	13,0	29,0	8,0	6,5	2,9	10,8	3,8
Овруцький / Ovruch	186,5	5,3	32,4	3,2	6,8	1,2	10,7	1,3
Середнє значення по 6 районах 6 districts average	210,0	3,2	40,9	2,0	8,7	0,8	12,9	0,8
Середнє значення по Україні Ukraine's average	224,6	0,2	42,9	0,1	6,1	0,1	13,9	0,1

Примітка. * – стандартна похибка
Note. * – standard error

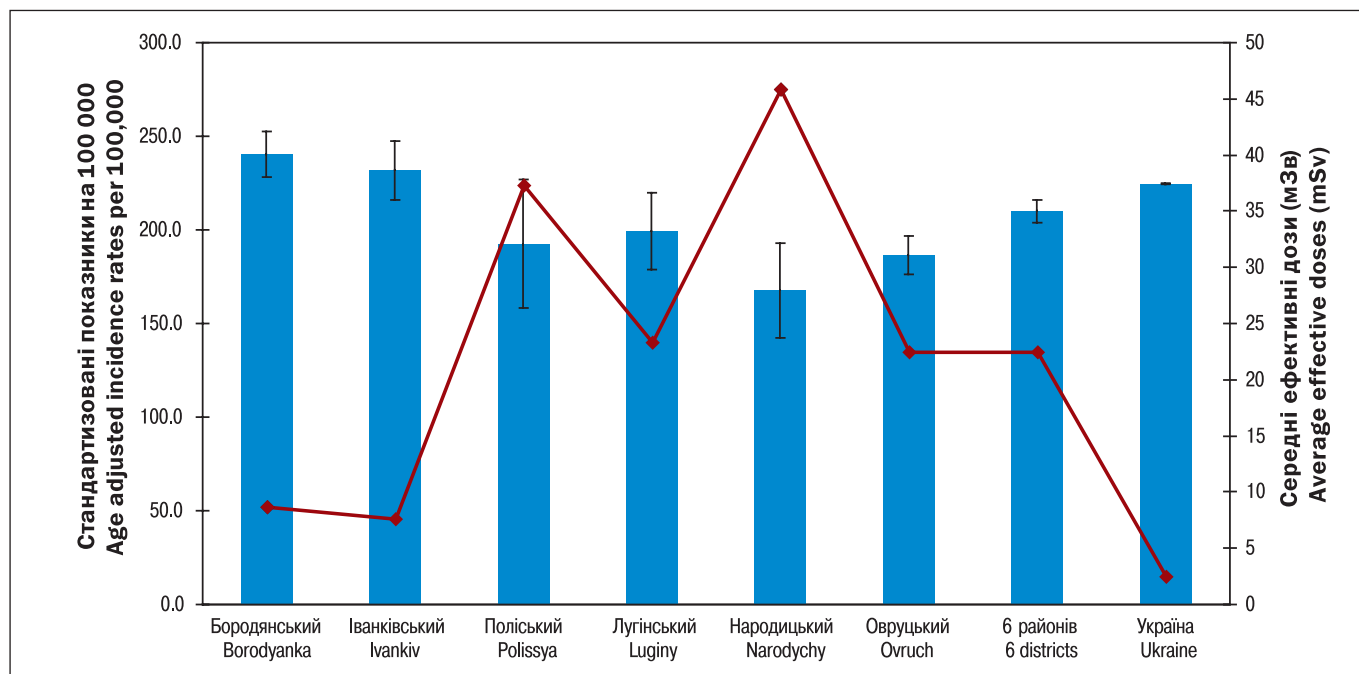


Рисунок 2. Захворюваність на всі форми злоякісних новоутворень (МКХ-10: C00–C96) мешканців 6 найбільш забруднених радіонуклідами районів у 2011–2017 рр. та середні ефективні дози опромінення, отримані внаслідок аварії на ЧАЕС

Figure 2. Overall cancer incidence rates (ICD-10: C00–C96) of residents of the 6 most radionuclide-contaminated areas in 2011–2017 and the average effective radiation doses obtained after the Chernobyl accident

ревищують національний рівень. На решті досліджуваних територій (Поліський, Лугинський, Народицький, Овруцький райони) рівень захворюваності на всі форми злоякісних новоутворень був нижчим за середньоукраїнський, проте не виявлено статистично достовірного зв'язку між величинами середніх ефективних доз опромінення і показниками захворюваності. Зокрема, у Народицькому та Поліському районах, де дози опромінення найвищі, показники захворюваності менші від таких у решті районів.

Аналогічні зіставлення були виконані щодо окремих форм злоякісних новоутворень, на частоту яких може впливати радіаційне опромінення, зокрема, рак молочної, щитоподібної залози і системні пухлинні захворювання (лейкемії та лімфоми).

Аналіз динаміки захворюваності на рак молочної залози мешканок радіоактивно забруднених територій свідчить про те, що, незважаючи на зростання частоти цієї патології, її показники тривалий час залишались нижчими, порівняно з національним рівнем і показниками відповідних областей (рис. 3). При цьому слід підкреслити, що й до аварії на ЧАЕС рівень захворюваності на цю патологію на досліджуваних територіях був одним з найнижчих в Україні.

Разом з тим, у жіночого населення забруднених територій у 2011–2017 рр. спостерігається інтенсивне зростання темпів приросту показників захворюва-

the studied areas (Poliske, Luhyny, Narodychi and Ovruch districts), the overall cancer incidence rates were lower than Ukrainian average level, but there were no statistically significant relationship between the average effective radiation doses and incidence rates. In particular, in Narodychi and Poliske districts, where radiation doses were the highest, the incidence rates were still lower comparing to other districts.

Similar comparisons were made for selected forms of malignant neoplasms, the frequency of which may be affected by radiation exposure, in particular, breast cancer, thyroid cancer and tumors of hemapoetic and lymphoid systems (leukemia and lymphoma).

Analysis of breast cancer incidence trends in females of radioactively contaminated areas showed that, despite the observed increase, these rates remained lower than the national ones and rates of the respective regions during a long time (Fig. 3). It should be emphasized that even before the Chernobyl accident, the incidence rates in the study areas were of the lowest in Ukraine.

At the same time in 2011–2017 an intensive increase in the growth rate of the incidence among female population of the contaminated areas was

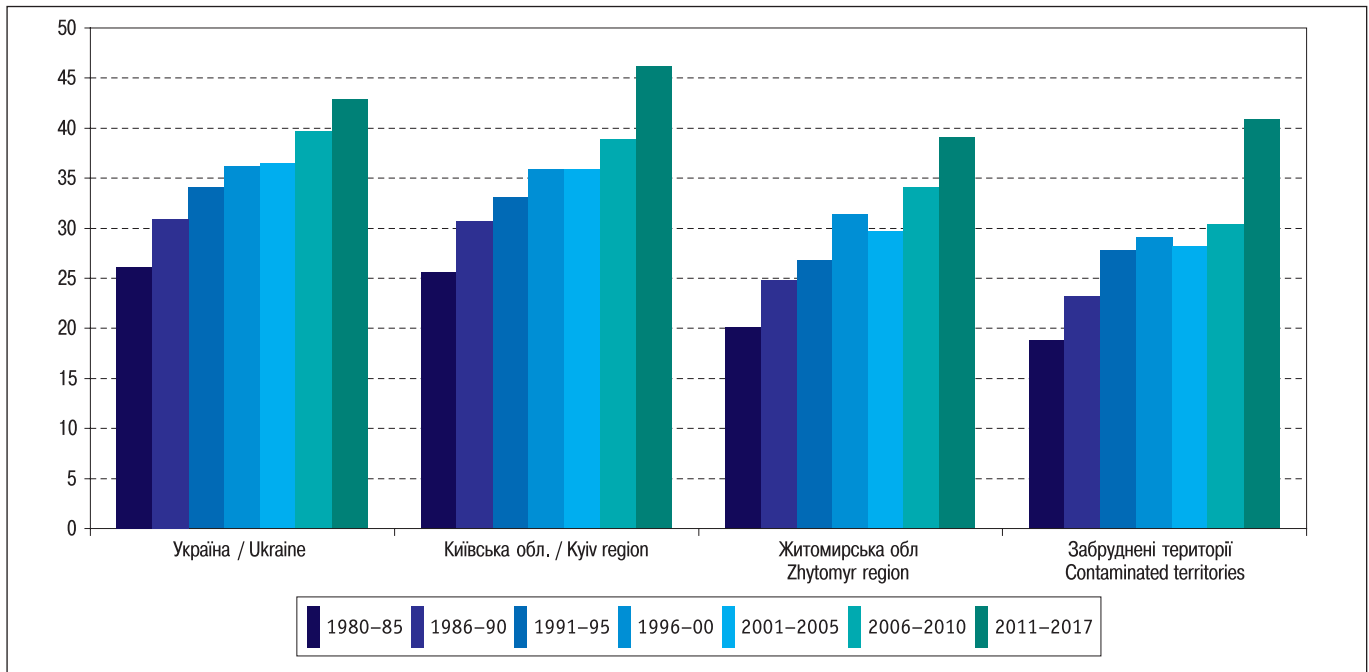


Рисунок 3. Динаміка захворюваності на рак молочної залози (МКХ-10: C50) жіночого населення України, Київської, Житомирської областей та 6-ти найбільш забруднених радіонуклідами районів у 1980–2017 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 жінок)

Figure 3. Trends in breast cancer incidence (ICD-10: C50) in female population of Ukraine, Kyiv and Zhytomyr regions and 6 most radionuclide-contaminated districts in 1980–2017 (World age-standardized rates per 100,000)

ності на цю патологію, завдяки чому вона досягла рівня Житомирської області.

Слід зазначити, що у період 2011–2017 рр. середній для всіх досліджуваних районів показник захворюваності на рак жіночої молочної залози статистично не відрізнявся від національного показника: $(40,9 \pm 2,0) \cdot 10^{-5}$ проти $(42,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$ (див. табл. 2, рис. 4). Разом з тим ці показники у Бородянському та Іванківському районах були вищими, а решта районів мала істотно нижчий рівень захворюваності на цю патологію. У Народицькому, де дози опромінення були найвищі, та Лугинському районах показники захворюваності нижчі від аналогічних показників решти територій.

Порівняльний аналіз величин доз опромінення та захворюваності у розрізі окремих районів свідчить про відсутність статистично достовірного зв'язку між факторіальними (дозы опромінення) та результативними (захворюваність на рак молочної залози) ознаками. Наведені результати свідчать, що натеper не встановлено достовірних доказів можливого радіаційно-асоційованого зв'язку між опроміненням внаслідок Чорнобильської аварії та рівнем захворюваності на рак молочної залози в динаміці. Проте дані останнього періоду спостереження свідчать про необхідність подальшого епідеміологічного моніторингу цієї патології, зважаючи на тривалий латентний період радіаційного канцерогенезу у молочній залозі.

observed and incidence reached average level of Zhytomyr region.

It should be noted that during 2011–2017 average breast cancer incidence in the studied districts – $(40.9 \pm 2.0) \cdot 10^{-5}$ did not differ statistically from the national rate – $(42.0 \pm 0.1) \cdot 10^{-5}$ (Table 2 and Fig. 4). At the same time, the incidence rates were higher in Borodianka and Ivanliv districts, while in the rest of the districts incidence rates were significantly lower. In Narodychi district, where the radiation doses were the highest, and in Luhyny district breast cancer incidence rates were lower than in other areas.

A comparative analysis of radiation dose rates and incidence rates by districts shows no statistically significant relationship between factorial (radiation doses) and effective (breast cancer incidence) signs. These results indicate that till now there is no reliable evidence of a possible radiation-associated relationship between radiation due to the Chernobyl accident and trends in breast cancer incidence. However, data from the last period of observation indicate the need for further epidemiological monitoring of this pathology, given the long latent period of radiation carcinogenesis in the breast.

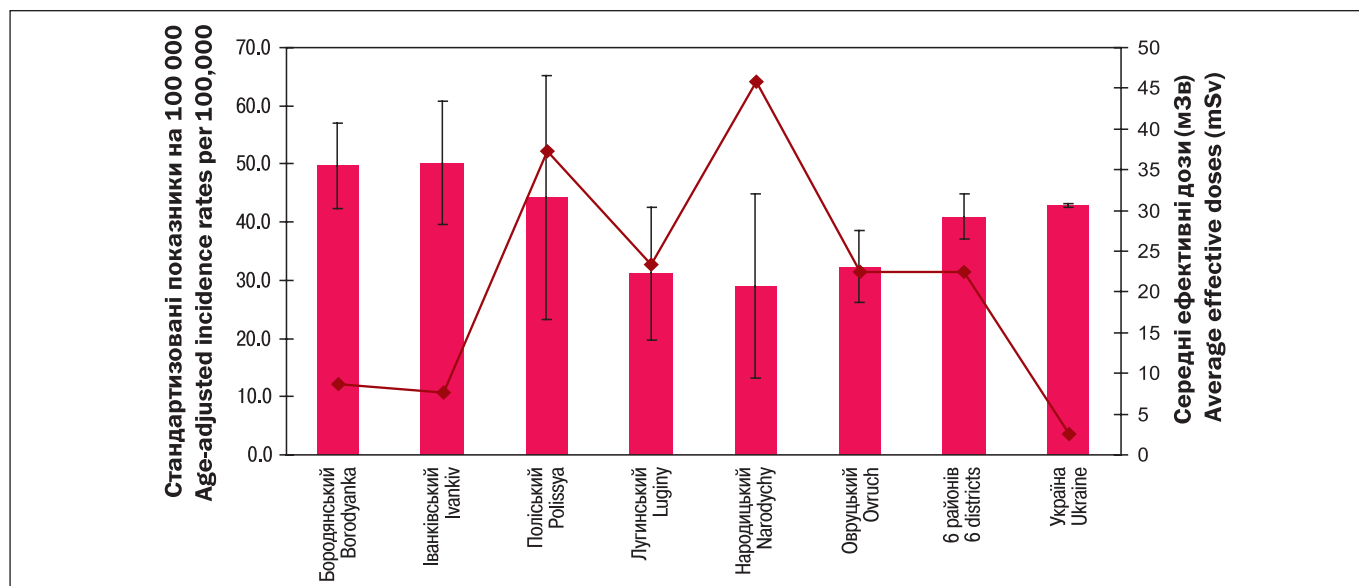


Рисунок 4. Захворюваність на рак молочної залози (МКХ-10: C50) мешканок 6 найбільш забруднених радіонуклідами районів у 2011–2017 рр. та середні ефективні дози, отримані внаслідок аварії на ЧАЕС

Figure 4. Incidence of breast cancer (ICD-10: C50) in the 6 most radionuclide-contaminated areas in 2011–2017 and the average effective doses received after the Chernobyl accident

Подальше дослідження стосувалося вивчення динаміки захворюваності на рак щитоподібної залози населення перелічених вище територій з метою визначення впливу опадів радіоактивного йоду на реалізацію підвищеного радіаційного ризику даної патології (рис. 5). Встановлено, що для України в цілому притаманне неухильне поступове зростання показників захворюваності на рак щитоподібної залози. Найвищі темпи приросту показників захворюваності виявлені у населення м. Київ, Київської області та найбільш забруднених радіонуклідами територій. У Житомирській області зареєстровано зростання показників захворюваності, подібне до тенденції на національному рівні.

У мешканців радіоактивно забруднених територій в доаварійному періоді (1980–1985 рр.) показники захворюваності на рак щитоподібної залози склали 1,2 на 100 000 населення; у післяаварійному періоді відбулося стрімке зростання частоти цієї патології: у 1986–1990 рр. – у 2 рази, у 1991–1995 рр. – у 2,9 рази, у 1996–2000 рр. – у 8,1 рази, тобто, у вказаному часовому відрізку захворюваність мешканців цих районів була найвищою, що свідчить про реалізацію канцерогенного ризику радіоактивного опромінення щитоподібної залози. Зменшення цього показника у 2001–2005 рр., порівняно з попереднім періодом, пов'язано з цілим комплексом соціальних і демографічних факторів. До них належать міграція груп населення, що мали найвищий ризик розвитку цієї патології (молоді родини з дітьми), збільшення питомої ваги осіб, які народились після аварії і тому не зазна-

We focused further on the study of trends of thyroid cancer in the population of the study districts to determine the impact of precipitation of radioactive iodine on the implementation of the increased radiation risk of this pathology (Fig. 5). It was established that for Ukraine there was a steady gradual increase in the incidence rates of thyroid cancer. The highest growth rates of incidence were found in the population of Kyiv city, Kyiv region and the districts most contaminated with radionuclides. In the Zhytomyr region, an increase in incidence rates was observed, similar to the trend at the national level.

Thyroid cancer incidence rate among the residents of radioactively contaminated areas in the pre-accident period (1980–1985) was 1.2 per 100,000; in the post-accident period there was a rapid increase of rates: they became 2 times higher in 1986–1990, 2.9 times higher in 1991–1995, 8.1 times higher in 1996–2000. In other words, the incidence rates among residents of these districts were the highest during 1986–2000 indicating the realization of a carcinogenic risk of radiation exposure of thyroid gland. The decrease in rates in 2001–2005 compared to the previous period was due to a range of social and demographic factors, including: the migration of groups with the highest risk of developing this pathology (young families with children), the increase in proportion of people born after the

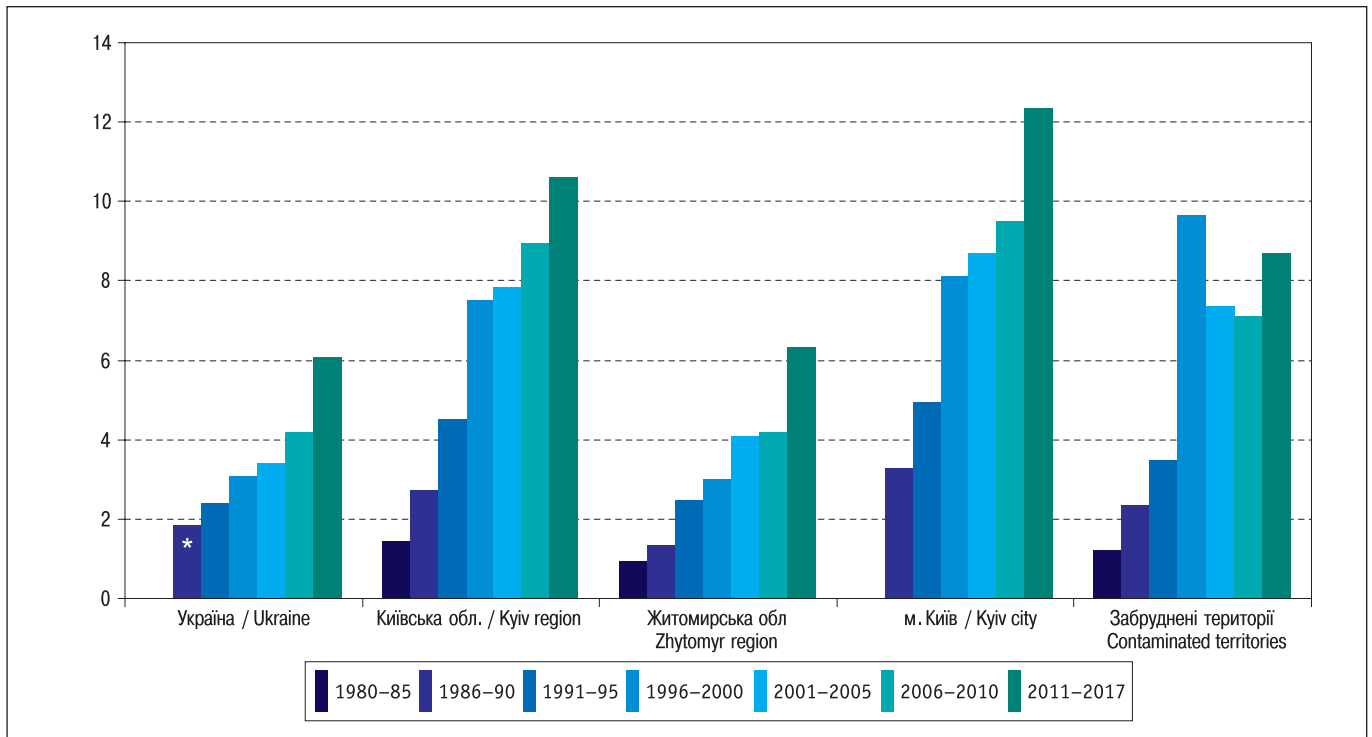


Рисунок 5. Динаміка захворюваності на рак щитоподібної залози (МКХ-10:С73) населення України, Житомирської, Київської областей, м. Києва та 6 найбільш забруднених радіонуклідами територій у 1980–2017 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 населення)

Figure 5. Trends in thyroid cancer incidence (ICD-10: C73) of population of Ukraine, Zhytomyr and Kyiv region, Kyiv city and 6 most radionuclide-contaminated districts in 1980–2017 (World age-standardized rates per 100,000)

ли опромінення за рахунок радіоактивного йоду: в 2017 р. їх питома вага досягла 37,0 %. Зазначимо, що показники захворюваності на рак щитоподібної залози стабільно зростали до 2012 року, а потім почали знижуватись, разом з тим у 2011–2017 рр. показники доаварійного рівня були перевищені у 6,8 раза. На наш погляд, зниження рівня захворюваності на рак щитоподібної залози на радіоактивно забруднених територіях за останні 4 роки значною мірою зумовлене зменшенням внаслідок переселення частини населення, яке зазнало опромінення за рахунок радіоактивного йоду. Високі показники захворюваності населення Києва та Київської області зумовлені не тільки радіаційним впливом, але й опосередковано пов'язані з соціальними факторами: евакуацією до цих регіонів мешканців зони відчуження і переселенням до них значної кількості осіб, які брали участь у ліквідації аварії на ЧАЕС у перші два післяаварійні місяці з територій зони обов'язкового відселення. Відносно низький рівень захворюваності населення Житомирської області, в якій відмічені найбільш значні опади радіоактивного йоду, може бути пов'язаний з тим, що істотна частина її мешканців була евакуйована або відселена до Києва та Київської області.

accident and therefore not exposed to radiation due to radioactive iodine (up to 37,0 % in 2017). We should note that thyroid cancer incidence rates steadily increased until 2012, and then began to decline, however, in 2011–2017, the pre-accident rate was exceeded 6.8 times. In our opinion, the decrease of the incidence of thyroid cancer in radioactively contaminated districts over the past 4 years is largely due to resettlement of the population exposed to radioactive iodine. High incidence rates in Kyiv city and Kyiv region are not only due to radiation exposure, but also indirectly reflect social factors, such as: evacuation of residents of the exclusion zone to these districts and resettlement of a significant number of people from the territories of the zone of obligatory resettlement, who took part in cleaning the consequences of the Chernobyl accident during the first two months. The relatively low incidence rate in Zhytomyr region, which had the most significant precipitation of radioactive iodine, may be due to evacuation or relocation of a considerable number of its inhabitants to Kyiv city and Kyiv region.

Порівняння показників захворюваності на рак щитоподібної залози мешканців 6 найбільш забруднених районів із загальнонаціональними показниками свідчить про їх достовірне перевищення: $(8,7 \pm 0,8) \cdot 10^{-5}$ та $(6,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$, $p < 0,05$, відповідно. У розрізі майже всіх забруднених радіонуклідами територій також відмічено перевищення національного рівня, за винятком Лугинського району (рис. 6). Найвищий рівень захворюваності на рак щитоподібної залози було зареєстровано у мешканців Поліського району – $(19,3 \pm 6,8) \cdot 10^{-5}$; значно менший у Іванківському – $(10,4 \pm 2,0) \cdot 10^{-5}$ та Бородянківському – $(10,0 \pm 1,4) \cdot 10^{-5}$ районах; ще нижчі показники відмічені в Овруцькому – $(6,8 \pm 1,2) \cdot 10^{-5}$ і Народицькому – $(6,5 \pm 2,9) \cdot 10^{-5}$, де дози опромінення дітей та підлітків були найвищими (1559 мГр) і перевищували показники інших районів у 5–10 разів; найнижчі показники захворюваності зафіксовано в Лугинському районі – $(5,4 \pm 2,2) \cdot 10^{-5}$. Слід відзначити, що ранжування районів за дозою опромінення щитоподібної залози за рахунок ^{131}I не збігається з результатами ранжування за рівнем захворюваності на рак цієї форми. Така невідповідність може бути спричинена інтенсивною міграцією населення з найбільш забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС районів, у тому числі осіб, в яких ризик виникнення цієї патології є найвищим. На користь цього свідчать значно вищі за очікувані показники захворюваності на рак щитоподібної залози на-

Comparison of thyroid cancer incidence rates of residents of the 6 most polluted districts with national rates shows significant difference: $(8.7 \pm 0.8) \cdot 10^{-5}$ vs. $(6.1 \pm 0.1) \cdot 10^{-5}$, $p < 0.05$, respectively). In almost each separate radionuclide-contaminated district the national level was also exceeded, except of Luhyny district (Fig. 6). The highest thyroid cancer incidence rates were observed among residents of Poliske district – $(19.3 \pm 6.8) \cdot 10^{-5}$ while significantly lower in Ivankiv – $(10.4 \pm 2.0) \cdot 10^{-5}$ and Borodianka – $(10.0 \pm 1.4) \cdot 10^{-5}$ districts. Much more lower rates were observed in Ovruch – $(6.8 \pm 1.2) \cdot 10^{-5}$ and Narodychi – $(6.5 \pm 2.9) \cdot 10^{-5}$ districts, where radiation doses of children and adolescents were the highest (1559 mGy) and exceeded radiation doses in other districts 5 to 10 times. The lowest incidence rates were observed in Luhyny district – $(5.4 \pm 2.2) \cdot 10^{-5}$. We should note that ranking of districts by thyroid irradiation doses due to ^{131}I does not coincide with the results of ranking them by thyroid cancer incidence rates. This discrepancy may be explained by intensive migration of the population from the most polluted districts after the Chernobyl accident, including people with the highest risk of developing thyroid cancer. This also supported by significantly higher than expected thyroid cancer incidence rates among

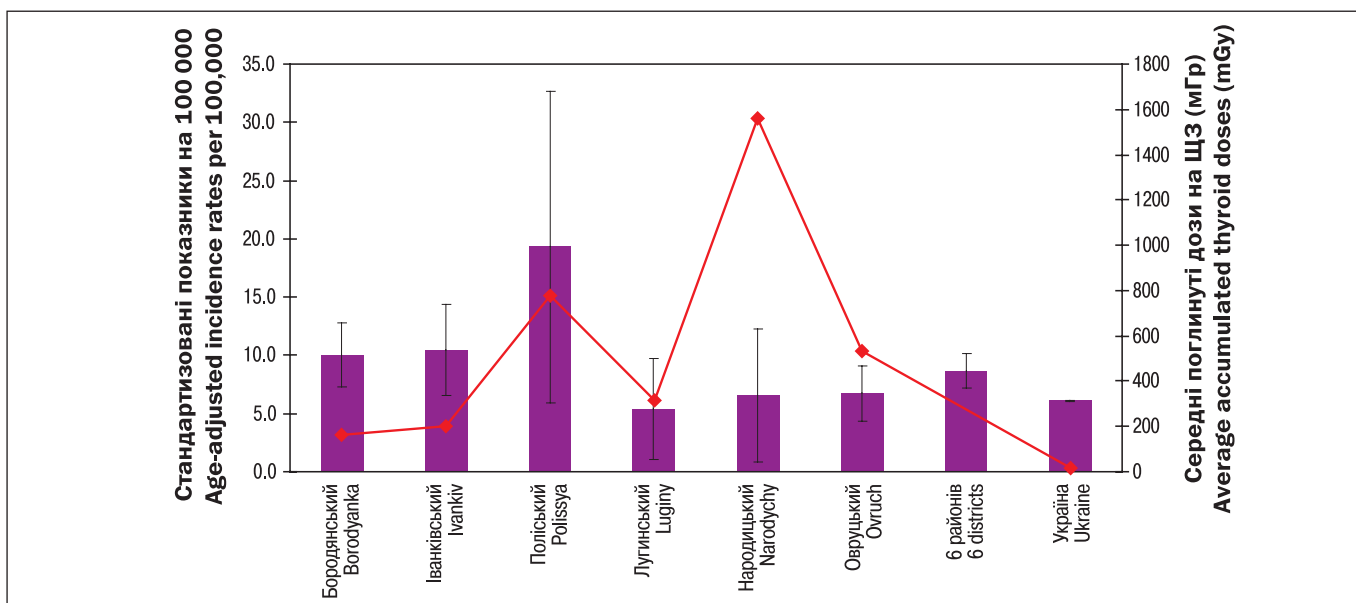


Рисунок 6. Захворюваність на рак щитоподібної залози (МКХ-10: C73) мешканців 6 найбільш забруднених радіонуклідами районів у 2011–2017 рр. та середні поглинуті дози опромінення цього органу радіоїодом, отримані у дитячому та підлітковому віці – 0–18 років на час аварії на ЧАЕС

Figure 6. Thyroid cancer incidence (ICD-10: C73) among residents of the 6 most radionuclide-contaminated districts in 2011–2017 and the average absorbed doses of radiation with radioactive iodine to thyroid gland, obtained with children and adolescents (at the age of 0–18 years at the moment of the Chernobyl accident)

селення м. Київ та Київської області, до яких переселена переважна більшість постраждалих.

Серед злоякісних новоутворень системні пухлинні захворювання (лейкемії та лімфоми) займають особливе місце внаслідок найкоротшого латентного періоду їх виникнення. Помітне зростання ризиків лейкемії було першим і найбільш вираженим ефектом радіаційного впливу, який спостерігали у осіб, що пережили атомне бомбардування Хіросіми і Нагасакі. Перший опублікований звіт про підвищений ризик лейкемії серед осіб, які пережили атомні бомбування, з'явився у 1952 році [14]. Хоча надлишковий ризик лейкемії знижується з віком чи тривалістю періоду після експозиції, існують достовірні докази того, що радіаційно-асоційований надлишковий ризик лейкемії, особливо гострої мієлоїдної лейкемії, існує впродовж тривалого періоду спостереження – до 55 років після атомного бомбування [15].

Встановлено, що рівень захворюваності на дану патологію мешканців забруднених радіонуклідами районів не відрізняється від національних показників: $(12,9 \pm 0,8) \cdot 10^{-5}$ та $(13,8 \pm 0,1) \cdot 10^{-5}$, $p > 0,05$) (рис. 7). Найвищий рівень захворюваності спостерігався у мешканців Лугинського району – $(16,4 \pm 3,3) \cdot 10^{-5}$, де дози опромінення знаходяться

the population of Kyiv city and Kyiv region, where the vast majority of victims have been relocated.

Among all cancers tumors of hematopoietic and lymphoid systems (leukemia and lymphoma) has a special place due to the shortest latent period. The evident increase in the risk of leukemia was the first and most pronounced effect of radiation exposure observed in survivors of the atomic bombing of Hiroshima and Nagasaki. The first published report on the increased risk of leukemia among survivors of the atomic bombings appeared in 1952 [14]. Although the excess risk of leukemia decreases with age or elongation of time period after exposure, there is strong evidence that radiation-associated excess risk of leukemia, especially of acute myeloid leukemia, exists for a long observation period up to 55 years after atomic bombing [15].

It was established that leukemia and lymphoma's incidence rates of population of radionuclide-contaminated districts did not statistically differ from national rates: $(12.9 \pm 0.8) \cdot 10^{-5}$ vs. $(13.8 \pm 0.1) \cdot 10^{-5}$, $p > 0.05$) (Fig. 7). The highest incidence rates were observed among residents of Luhyny district – $(16.4 \pm 3.3) \cdot 10^{-5}$, where radiation doses were sim-

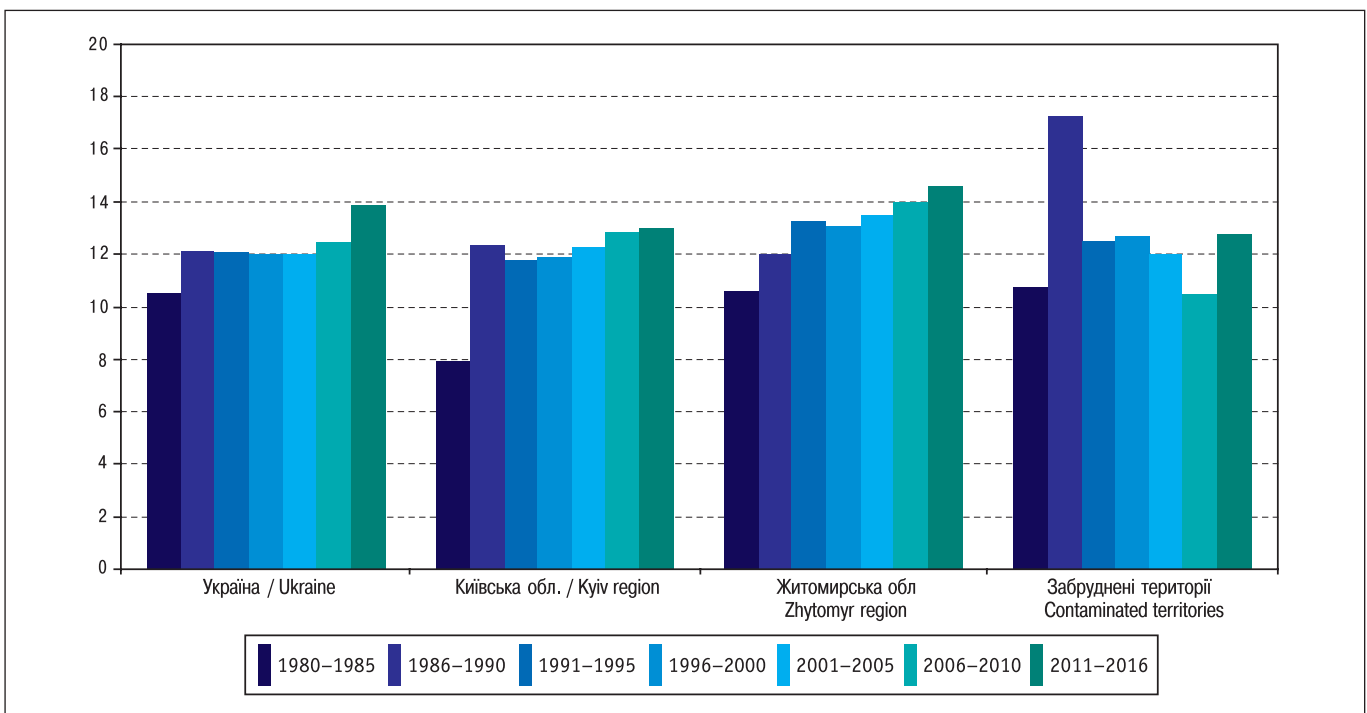


Рисунок 7. Захворюваність на лейкемії та лімфоми (МКХ-10: С81–96) населення України, Житомирської, Київської областей та 6 найбільш забруднених радіонуклідами територій у 1980–2017 рр. (стандартизовані за світовим стандартом показники на 100 000 населення)

Figure 7. Leukemia and lymphoma incidence trends (ICD-10: C81-96) in the population of Ukraine, Zhytomyr and Kyiv regions and 6 most radionuclide-contaminated districts in 1980–2017 (World age-standardized rates per 100,000)

на середньому для цих 6 районів рівні. У Бородянському та Іванківському районах, в яких середня сумарна ефективна доза опромінення мешканців була найнижчою, показники були досить високими і майже не відрізнялися – $(14,4 \pm 1,6) \cdot 10^{-5}$ та $(14,8 \pm 2,1) \cdot 10^{-5}$, відповідно.

Групу з відносно низькими показниками захворюваності (рис. 8) представляють Народицький – $(10,8 \pm 3,8) \cdot 10^{-5}$, де дози опромінення мешканців були найвищими, та Овруцький – $(10,7 \pm 1,3) \cdot 10^{-5}$ райони; найнижчий рівень захворюваності відмічено у Поліському районі – $(5,7 \pm 2,9) \cdot 10^{-5}$.

ilar to average level for the 6 districts. In Boro- dianka and Ivankiv districts, where the average total effective radiation dose of residents was the lowest, the incidence rates were rather high and almost similar: $(14.4 \pm 1.6) \cdot 10^{-5}$ and $(14.8 \pm 2.1) \cdot 10^{-5}$ respectively.

The group with relatively low incidence rates for leukemia and lymphoma (Fig. 8) consists of Narodychi district – $(10.8 \pm 3.8) \cdot 10^{-5}$, where the radiation doses of the inhabitants were the highest, and Ovruch district – $(10.7 \pm 1.3) \cdot 10^{-5}$; the lowest incidence rates were observed in Poliske district – $(5.7 \pm 2.9) \cdot 10^{-5}$.

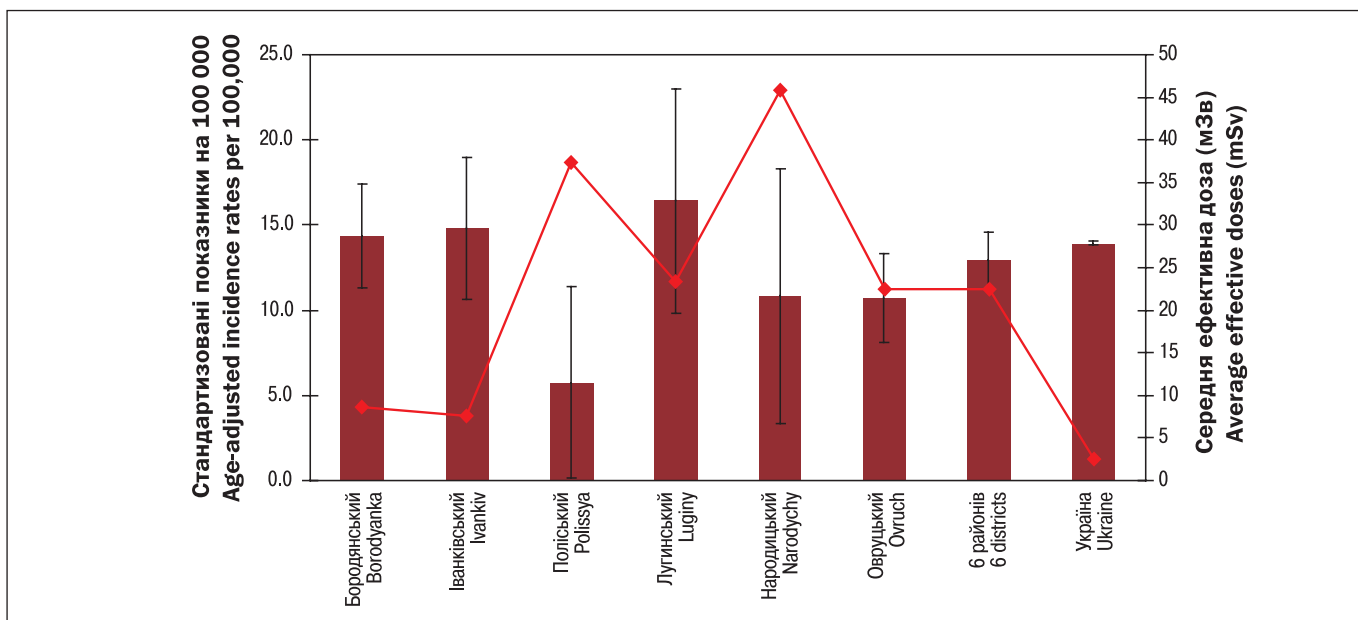


Рисунок 8. Захворюваність на лейкемії та лімфоми (МКХ-10: C81–C96) населення 6 найбільш забруднених радіонуклідами районів у 2013–2017 рр. і середні ефективні дози, отримані внаслідок аварії на ЧАЕС

Figure 8. Leukemia and lymphoma incidence (ICD-10: C81–C96) in the population of the 6 most radionuclide-contaminated districts in 2013–2017 and the average effective doses obtained as a result of the Chernobyl accident

Таким чином, на даному етапі дослідження не доведено статистично значущого зв'язку між сумарною дозою опромінення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС і захворюваністю на лейкемії та лімфоми мешканців 6 забруднених радіонуклідами районів.

ОБГОВОРЕННЯ ТА ВИСНОВКИ

Проведене дослідження свідчить про існування ризиків виникнення злоякісних новоутворень у мешканців малих територій України, які мали різні величини впливу несприятливих екологічних факторів – тривалого радіаційного опромінення низькими дозами, обумовлених аварією на ЧАЕС. Оцінка ризиків захворюваності на злоякісні новоутворення мешканців малих територій внаслідок радіаційного забруднення необхідна

Thus, at present we have not found statistically significant relationship between the total radiation dose due to the Chernobyl accident and leukemia and lymphoma’s incidence among the residents of the 6 most radionuclide-contaminated districts.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The study indicates the existence of risks of developing malignant neoplasms in residents of small districts of Ukraine, which had different values of adverse environmental factors, namely prolonged exposure to low doses due to the Chernobyl accident. Assessment of the risk of malignant neoplasms in small districts due to radiation pollution is necessary

для інформаційного супроводу прийняття адміністративних рішень з метою організації онкологічної допомоги населенню контамінованих територій.

Середні сумарні ефективні дози (22,4 мЗв) опромінення всього тіла за рахунок радіоцезію населення 6 досліджуваних районів впродовж 20-річного післяаварійного періоду (1986–2005 рр.), хоча й перевищують середні показники по Житомирській, Київській областях та Україні в цілому, але в перерахунку на річну дозу є істотно нижчими від наведених у літературних джерелах [7], що дає підстави очікувати мінімальних величин надлишкового радіаційного ризику злоякісних пухлин у мешканців 6 досліджуваних районів.

Разом з тим, величина середньої поглиненої щито-подібною залозою дози, отриманої у короткий післяаварійний період за рахунок опромінення ¹³¹I осіб віком 0–18 років (161–1559 мГр) та в усіх вікових групах (163–634 мГр), свідчить про потенційну загрозу негативних радіаційних ефектів, які можуть проявитись у цьому органі.

Рівень захворюваності на всі форми злоякісних новоутворень мешканців 6 найбільш забруднених радіонуклідами територій до аварії на ЧАЕС та після неї був нижчим, порівняно з аналогічними показниками усього населення України та Київської області, але близьким до показників Житомирської області. Величина показників захворюваності на злоякісні новоутворення населення досліджуваних районів не корелює з величиною усереднених по цих територіях сумарних ефективних доз опромінення радіоцезієм всього тіла людини.

Встановлено, що у 2011–2017 рр. на забруднених радіонуклідами територіях спостерігається значне зростання показників захворюваності на рак молочної залози, що досягли рівня захворюваності на цю патологію жіночого населення Житомирської області. Порівняльний аналіз величини доз опромінення та рівня захворюваності жіночого населення забруднених районів не встановив статистично достовірного зв'язку між факторіальними (дози опромінення) та результативними (захворюваність на рак молочної залози) ознаками. Наведені дані свідчать, що в даний період спостереження не встановлені переконливі докази можливого радіаційно-асоційованого зв'язку між опроміненням внаслідок Чорнобильської аварії та рівнем і динамікою захворюваності на рак молочної залози мешканок досліджуваних територій.

Порівняння показників захворюваності на рак щитоподібної залози мешканців 6 забруднених районів із загальнонаціональними показниками свідчить про їх достовірне перевищення. У розрізі майже всіх забруднених радіонуклідами територій також відмічено

for providing information support of cancer control activities in the contaminated districts.

The average total effective whole-body doses (22.4 mSv) of radiation due to cesium of the population of 6 study districts during the 20-year post-accident period (1986–2005), although higher than the average in Zhytomyr and Kyiv regions and Ukraine, but in terms of annual dose are significantly lower than reported in the literature [7], which gives reasons to expect minimal values of excess radiation risk of malignant tumors in residents of the 6 study areas.

However, the value of the average absorbed thyroid dose received in the short post-accident period due to irradiation of ¹³¹I of the population aged 0–18 years (161–1559 mGy) and in all age groups (163–634 mGy), indicates a potential threat of negative radiation effects that may occur in thyroid.

The overall cancer incidence in the 6 most radionuclide-contaminated districts before and after the Chernobyl accident was lower compared to the population of Ukraine and Kyiv region, but similar to that of Zhytomyr region. The incidence rates of malignant neoplasms among the population of the studied districts do not correlate with the average rates of the total effective whole-body doses of cesium radiation in these districts.

It was established that during 2011–2017 the radionuclide-contaminated regions there was a significant increase in female breast cancer incidence rates, reaching level of incidence of Zhytomyr region. Comparative analysis of radiation doses and incidence rates of female population in contaminated districts did not found statistically significant relationship between factorial (radiation doses) and effective (breast cancer incidence) characteristics. The data indicate that in the current period of observation there is no convincing evidence of a possible radiation-associated relationship between radiation due to the Chernobyl accident and the level of breast cancer incidence as well as its trends in the study districts.

Comparison of thyroid cancer incidence rates in 6 contaminated districts with the national rates showed that they were significantly exceeded. In almost all radionuclide-contaminated districts there was intensive growth of rates which

інтенсивне зростання та перевищення національного рівня, що свідчить про реалізацію радіаційних онкологічних ризиків у цьому органі.

Не виявлено статистично значущого зв'язку між середніми сумарними дозами опромінення і рівнем захворюваності на лейкемії та лімфоми мешканців 6 забруднених радіонуклідами районів.

При вивченні віддалених онкологічних наслідків радіаційної експозиції внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС слід зважати на ряд труднощів, які виникали в процесі довгострокового моніторингу цих процесів на малих територіях. Перш за все, це вплив міграції груп населення з районів із найвищим рівнем ризику виникнення окремих форм злоякісних новоутворень, особливо раку щитоподібної залози. Побічним свідченням такого твердження є істотне зростання частоти цієї патології на суміжних територіях, куди переселялись мешканці постраждалих районів і де дози опромінення були нижчими за такі на досліджуваних територіях. Крім того, впродовж досліджуваного періоду спостерігаються природні процеси збільшення питомої ваги осіб, які не зазнали радіаційного опромінення, що зумовлено народженням дітей у наступні після аварії роки. На жаль, доступні дані реєстрів спостереження не дають можливості вилучити ці контингенти із статистичних розрахунків.

Слід зазначити, що з подібними труднощами стикалися й інші дослідники, які проводили вивчення цієї проблеми на забруднених радіонуклідами територіях. Дослідження частоти злоякісних новоутворень в Українській когорті із 13 203 осіб, експонованих до радіаційного фактору в дитячому віці, не виявили значних підвищених ризиків солідного раку, лейкемії та лімфоми хоча показник стандартизованого співвідношення частоти (SIR) для лейкемії, розрахований на основі 5 зареєстрованих випадків захворювання, був підвищений (SIR = 1,92, ДІ: 0,68–4,13) [16].

Ряд дослідників проаналізували захворюваність на злоякісні новоутворення (за виключенням раку щитоподібної залози) когорти з 11 847 мешканців Білорусі, які у віці до 18 років були експоновані до радіації внаслідок Чорнобильської аварії [17]. Через 25 років по тому в досліджуваній когорті не було виявлено жодних доказів статистично значущого зростання частоти солідних раків, лімфом і лейкемії. Спостерігалось порівняно незначне підвищення захворюваності на лейкемію (SIR = 1,78; 95 % ДІ: 0,71–3,61), але цей показник базується на малому числі випадків (n = 6).

Навіть коли об'єднати отримані у двох національних когортах цифрові дані про лейкемію, показник захворюваності SIR = 1,84 (95% ДІ: 0,96–3,16) не має досто-

exceeded the national average rates; it indicates the realization of radiation cancer risks in this organ.

There was no statistically significant relationship between the average total radiation doses and the incidence of leukemia and lymphoma among the residents of 6 radionuclide-contaminated districts.

When studying the long-term cancer consequences of radiation exposure after the Chernobyl accident, one should take into account a number of difficulties arising in the process of long-term monitoring in small districts. Firstly, the impact of migration from the areas with the highest risk of certain types of malignant neoplasms, thyroid cancer in particular. A side evidence of this statement is a significant increase in the frequency of this pathology in adjacent districts, where residents of the affected areas come and where radiation doses were lower than those in the study districts. In addition, during the study period, there were natural processes of increase of the proportion of population not exposed to radiation (e.g. children who born in post-accident years). Unfortunately, data available from the registries are not enough to exclude these persons from the calculations.

It should be noted that similar difficulties were encountered by other researchers who studied this problem in radionuclide-contaminated districts. A study of cancer incidence in the Ukrainian cohort of 13,203 persons exposed to radiation in childhood did not reveal a significant increase in risk of solid cancer, leukemia and lymphoma, although the standardized rates ratio (SIR) for leukemia, calculated on 5 cases of the disease, was higher (SIR = 1.92, CI: 0.68–4.13) [16].

A number of researchers analyzed the incidence of malignant neoplasms (except thyroid cancer) in a cohort of 11,847 residents of Belarus who were exposed to radiation after the Chernobyl accident at the age of 0–18 years [17]. Twenty-five years later, there was not found any evidence of a statistically significant increase of the incidence of solid cancers, lymphomas and leukemias in the cohort of the study. There was a slight growth in the incidence of leukemia (SIR = 1.78; 95% CI: 0.71–3.61), but this value is based on a small number of cases (n = 6).

When combining leukemia data obtained from the two national cohorts, the SIR = 1.84 (95 % CI: 0.96–3.16) was not significant. Due to

вірною значення. Зважаючи на зростання показників захворюваності на лейкемію, яка є найбільш радіочутливою, необхідно продовжити в подальшому моніторинг частоти та динаміки розвитку цієї патології.

Для оцінки можливого впливу довготривалого радіаційного фактору на формування частоти злоякісних новоутворень нами вперше в Україні вивчена захворюваність на цю патологію мешканців міст із ядерно-небезпечним виробництвом у період 2003–2008 рр., де наявне істотне забруднення довкілля відходами діяльності населення [18]. Встановлено, що *частота усіх нозологічних форм раку серед мешканців цих міст достовірно перевищує як національний, так і регіональний рівень*. Відмічено ексцес раку трахеї, бронхів, легені, молочної залози, нирки, лейкемій у містах, де ведуть видобуток і переробку уранової руди – Жовтих Водах та Дніпродзержинську (нині Кам'янському), проте ці результати потребують подальшого аналізу із застосуванням методології екологічної та аналітичної епідеміології з вивченням індивідуальних характеристик осіб, які підпадають під зазначені дослідження.

Нарешті, для обґрунтованих висновків слід враховувати потужність дослідження, яка зумовлена як величиною досліджуваного показника, так і розмірами популяційної групи, що вивчається. Неможливість виявити радіаційно пов'язаний ризик розвитку раку зумовлюють такі фактори як низькі дози, недостатня статистична потужність або тривалий латентний період розвитку радіаційно-зумовлених раків різних нозологічних форм [19]. У випадку малої потужності одним із засобів досягнення поставленої мети може бути збільшення періоду та величини людино-років спостереження.

Фінансування дослідження

Робота виконана у рамках планових НДР: «Розробити організаційно-методологічну технологію впровадження вторинної профілактики та скринінгу злоякісних пухлин органів репродуктивної системи жінок та колоректального раку в Україні (2018–2020) рр.», № держреєстрації ВН.140107182-18, за фінансування МОЗ України; «Епідеміологічне дослідження формування ризиків злоякісних новоутворень у групах постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС (1990–2019 рр.)», № держреєстрації 0119U100525, за фінансування НАМН України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чорнобиль та рак. Онкоепідеміологічні аспекти проблеми / С. О. Шалімов, А. Є. Присяжнюк, В. Г. Грищенко та ін. *Журнал Ака-*

increasing incidence of leukemia (which is the most radiosensitive malignancy) it is necessary to continue monitoring its frequency and trends.

To assess the possible impact of long-term radiation factors on the formation of the incidence of malignant neoplasms, we for the first time in Ukraine studied the incidence in residents of cities with nuclear hazardous productions in 2003–2008, where significant pollution by waste was observed [18]. It was established that the *frequency of cancer of all sites among the residents of the cities significantly exceeded both national and district levels*. Excess cancers of trachea, bronchus, lung, breast, kidney, leukemia was noted in the cities where uranium ore is mined and processed (Zhovti Vody and Dniprodzerzhynsk, now Kamyanske), but these results require further ecological and analytical analysis of the individual characteristics of persons appropriate for these studies.

Finally, for substantiated conclusions one should take into account the power of the study, which is determined by both the value of the studied rates and the size of the population under consideration. The inability to detect radiation-related risk of cancer caused by such factors as low doses, insufficient statistical power or long latency of various radiation-induced cancers [19]. For detecting radiation-related risk of cancer in the case of low statistical power one way may be to increase the period of man-years of observation and their number.

Funding

The work was a part of the planned research: «To develop organizational and methodological technology for introduction of secondary prevention and screening of malignant tumors of reproductive system of women and colorectal cancer in Ukraine (2018–2020)», state registration # VN.140107182-18 with funding from the Ministry of Health of Ukraine; «Epidemiological study of the formation of risks of malignant neoplasms in groups affected by the Chernobyl accident (1990–2019)». № state registration 0119U100525 with funding from the National Academy of Medical Sciences of Ukraine.

REFERENCES

1. Shalimov SO, Prysyzhnyuk AY, Gristchenko VG, Fuzik MM, Slipenyuk KM, Polishchuk ZM, et al. [Chernobyl and cancer.

- демії 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, no. 1. P. 43–51. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00411-007-0093-4>
 3. Thyroid cancer risk in Belarus among children and adolescents exposed to radioiodine after the Chernobyl accident / L. B. Zablotska, E. Ron, A. V. Rozhko et al. *Br. J. Cancer.* 2011. Vol. 104, no. 1. P. 181–187. doi: 10.1038/sj.bjc.6605967.
 4. Иванов В. К., Цыб А. Ф. Медицинские радиологические последствия Чернобыля для населения России: Оценка радиационных рисков. М. : Медицина, 2002. 389 с.
 5. Організація в Україні аналітичних епідеміологічних досліджень радіаційних ризиків розвитку лейкемії внаслідок Чорнобильської катастрофи / А. Є. Присяжнюк, А. Ю. Романенко, Д. А. Базика та ін. *Журнал Академії медичних наук України.* 2013. Т. 19, № 4. С. 482–489.
 6. Epidemiology of low-dose-rate exposures from natural and artificial environmental sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Fifty-ninth session Vienna, 21 to 25 May 2012 Agenda item 4(h). Technical discussions.
 7. Рекомендации Международной комиссии по радиационной защите от 2007 года Публикация 103 МКРЗ. М., 2009. 347 с.
 8. Національний канцер-реєстр України – 15-річний досвід роботи / С. О. Шалімов, З. П. Федоренко, Л. О. Гулак та ін. *Онкологія.* 2006. Т. 8, № 2. С. 112–115.
 9. Национальный канцер-регистр Украины: проблема качества данных при изучении онкоэпидемиологических последствий Чернобыльской аварии / З. П. Федоренко, Л. О. Гулак, Е. Л. Горох. *Международный журнал радиационной медицины.* 2005. № 7. С. 13–18.
 10. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України. Київ : Атіка, 2006. 224 с. ISBN 966-326-166-8.
 11. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. Київ, 2011. 356 С. ISBN 978-966-1547-62-8.
 12. Тридцять років Чорнобильської катастрофи: радіологічні та медичні наслідки: Національна доповідь України. Київ, 2016. 177 с.
 13. Досвід дослідження захворюваності на злоякісні новоутворення населення малих територій України, що зазнали забруднення радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС / А. Є. Присяжнюк, М. М. Фузік, Н. А. Гудзенко та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології.* 2015. Вип. 20. С. 229–240.
 14. Folley J. H., Borges W, Yamasaki T. Incidence of leukemia in survivors of the atomic bomb in Hiroshima and Nagasaki, Japan. *Am. J. Med.* 1952. Vol. 13. P. 311–321. doi:10.1016/0002-9343(52)90285-4.
 - Oncoepidemiological aspects of the problem]. *The Journal of Academy of Medical Sciences of Ukraine.* 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;46(1):43-51.
 3. Zablotska LB, Ron E, Rozhko AV, Hatch M, Polyanskaya ON, Brenner AV, et al. Thyroid cancer risk in Belarus among children and adolescents exposed to radioiodine after the Chernobyl accident. *Br J Cancer.* 2011;104;(1):181-187. doi: 10.1038/sj.bjc.6605967.
 4. Ivanov VK, Tsyb AF. [Medical radiological consequences of the Chornobyl for the Russian populaton: Radiation risks estimation]. М.: Medicina; 2002. 389 p. Russian.
 5. Prysyzhnyuk AY, Romanenko AY, Bazyka DA, Fedorenko ZP, Chumak W, Fuzik MM, et al. [Organization in Ukraine of the analytical epidemiological investigations of radiation-related risks of leukemias due to Chernobyl catastrophe]. *The Journal of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine.* 2013;19;(4):482-489. Ukrainian.
 6. Epidemiology of low-dose-rate exposures from natural and artificial environmental sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Fifty-ninth session Vienna, 21 to 25 May 2012 Agenda item 4(h) Technical discussions.
 7. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP. 2007;37(2-4):1-332. doi:10.1016/j.icrp.2007.10.003.
 8. Shalimov SO, Fedorenko ZP, Gulak LO, Gorokh YL, Soumkina OV, Ryzhov AY. [The National Cancer Registry of Ukraine – 15 years of experience]. *Oncologiya.* 2006;8;(2):112-115 Ukrainian.
 9. Fedorenko ZP, Gulak LO, Gorokh YL. [Ukrainian national cancer registry: problem of data quality for cancer epidemiological studies of the consequences of Chernobyl accident]. *International Journal of Radiation Medicine.* 2005;7:13-18. Russian.
 10. [20 years after the Chornobyl catastrophe. View in the future: National Report of Ukraine]. Kyiv: Atika; 2006. 224 p. ISBN 966-326-166-8. Ukrainian.
 11. Twenty-five Years after Chornobyl Accident: Safety for the Future. National Report of Ukraine. Kyiv: KiM; 2011. 328 p. ISBN 978-966-1547-64-2.
 12. [Thirty years after the Chornobyl catastrophe: radological and medical consequences: National Report of Ukraine]. Kyiv; 2016. 177 p. Ukrainian.
 13. Prysyzhnyuk AY, Fuzik MM, Gudzenko NA, Bazyka DA, Fedorenko ZP, Ryzhov AY, Sumkina OV, Trotsyuk NK, Khukhrianska OM. Experience of study of the incidence of malignant neoplasms population in small areas of Ukraine, which suffered contamination with radionuclides due to the Chornobyl accident. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2015;20:229-240.
 14. Folley JH, Borges W, Yamasaki T. Incidence of leukemia in survivors of the atomic bomb in Hiroshima and Nagasaki. *Japan. Am J Med.* 1952;13:311-321. doi:10.1016/0002-9343(52)90285-4.

15. The incidence of leukemia, lymphoma and multiple myeloma among atomic bomb survivors: 1950-2001 / W. L. Hsu, D. L. Preston, M. Soda et al. *Radiat. Res.* 2013. Vol. 179, no. 3. P. 361–382. <https://doi.org/10.1667/RR2892.1>.
16. Non-thyroid cancer in Northern Ukraine in the post-Chernobyl period: Short report / M. Hatch, E. Ostroumova, A. Brenner et al. *Cancer Epidemiol.* 2015. Vol. 39, no. 3. P. 279–283. doi: 10.1016/j.canep.2015.02.002.
17. Non-thyroid cancer incidence in Belarusian residents exposed to Chernobyl fallout in childhood and adolescence: Standardized Incidence Ratio analysis, 1997-2011 / E. Ostroumova, M. Hatch, A. Brenner et al. *Environ. Res.* 2016. Vol. 147. P. 44–49. doi:10.1016/j.envres.2016.01.025
18. Cancer incidence and nuclear facilities in Ukraine: a community-based study / D. A. Bazyka, A. Y. Pryszyzhnyuk, A. Y. Romanenko et al. *Exp. Oncol.* 2012. Vol.34, no. 2. P.116–120.
19. Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on / E. Cardis, G. Howe, E. Ron et al. *J. Radiol. Prot.* 2006. Vol. 26, no. 2. P. 127–140. doi: 10.1088/0952-4746/26/2/001.
20. Hsu WL, Preston DL, Soda M, Sugiyama H, Funamoto S, Kodama M, et al. The incidence of leukemia, lymphoma and multiple myeloma among atomic bomb survivors: 1950-2001. *Radiat Res.* 2013; 179;(3):361-382. doi: 10.1667/RR2892.1.
21. Hatch M, Ostroumova E, Brenner A, Fedorenko Z, Gorokh Y, Zvinchuk O, et al. Non-thyroid cancer in Northern Ukraine in the post-Chernobyl period: Short report. *Cancer Epidemiol.* 2015;39;(3): 279-283. doi: 10.1016/j.canep.2015.02.002.
22. Ostroumova E, Hatch M, Brenner A, Nadyrov E, Veyalkin I, Polyanskaya O, et al. Non-thyroid cancer incidence in Belarusian residents exposed to Chernobyl fallout in childhood and adolescence: Standardized Incidence Ratio analysis, 1997-2011. *Environ Res.* 2016;147:44-49. doi:10.1016/j.envres.2016.01.025
23. Bazyka DA, Pryszyzhnyuk AY, Romanenko AY, Fedorenko ZP, Gudzenko NA, Fuzik MM, et al. Cancer incidence and nuclear facilities in Ukraine: a community-based study. *Exp Oncol.* 2012;34;(2):116-120.
24. Cardis E, Howe G, Ron E, Bebesko V, Bogdanova T, Bouville A, et al. Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on. *J Radiol Prot.* 2006;26;(2):127-140. doi: 10.1088/0952-4746/26/2/001.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Присяжнюк Анатолій Євтихійович, доктор медичних наук, професор, завідувач лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Фузік Микола Миколайович, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Гудзенко Наталія Анатоліївна, провідний науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Базика Дмитрій Анатолійович, доктор медичних наук, професор, академік НАМН України, генеральний директор ННЦРМ, м. Київ

Федоренко Зоя Павлівна, кандидат медичних наук, завідувач інформаційно-аналітичним відділенням медичної статистики, Національний інститут раку МОЗ України, м. Київ

Рижов Антон Юрійович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри загальної математики, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ; старший науковий співробітник науково-дослідного відділення епідеміології раку з Національним канцер-реєстром, Національний інститут раку МОЗ України, Київ, м. Київ

Сумкіна Олена Володимирівна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник науково-дослідного відділення науково-дослідного відділення епідеміології раку з Національним канцер-реєстром, Національний інститут раку МОЗ України, Київ, м. Київ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anatoly Ye. Prisyazhnyuk, Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of cancer epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv

Mykola M. Fuzik, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of cancer epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv

Natalia A. Gudzenko, Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher, Leading Researcher of the laboratory of cancer epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv

Dimitriy A. Bazyka, Academician of NAMSU, Doctor of Medical Sciences, Director in General of NRCRM, Kyiv

Zoya P. Fedorenko, Doctor of Medical Sciences, Senior Researcher, Head of Informational and Analytical department of medical statistics, National Cancer Institute MoH of Ukraine, Kyiv

Anton Yu. Ryzhov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of Department of General Mathematics, Kyiv Taras Shevchenko National University, Kyiv; Senior Researcher of Scientific and Research Department of Cancer Epidemiology with National Cancer Registry, National Cancer Institute MoH of Ukraine, Kyiv

Olena V. Sumkina, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Scientific and Research Department of Cancer Epidemiology with National Cancer Registry, National Cancer Institute MoH of Ukraine, Kyiv

Троцюк Наталія Казимирівна, науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Хухрянська Олена Миколаївна, молодший науковий співробітник лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни і епідеміології ННЦРМ, м. Київ

Даневич Світлана, Лаборант з вищою освітою Лабораторії епідеміології раку, Інститут радіаційної гігієни та епідеміології, ННЦРМ, м. Київ

Natalia K. Trotsyuk, Researcher of the Laboratory of cancer epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv

Olena M. Khukhranska, Junior Researcher of the Laboratory of cancer epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv

Svitlana A. Danevych, Laboratory Assistant with higher education of the Laboratory of cancer epidemiology, Institute of Radiation Hygiene and Epidemiology, NRCRM, Kyiv

Стаття надійшла до редакції 17.05.2020

Received: 17.05.2020