

УДК: 614.876:616.12-008/009.72

Д. О. Білий✉, О. М. Настіна, Г. В. Сидоренко, Н. В. Курсіна, О. Д. Базика,
Ж. М. Габулавичене, О. С. Ковальов*Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Мельникова, 53, м. Київ, 04050, Україна*

ВПЛИВ УМОВ ПЕРЕБУВАННЯ УЧАСНИКІВ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ АВАРІЇ ПІД ДІЄЮ РАДІАЦІЇ НА РОЗВИТОК ГІПЕРТОНІЧНОЇ ХВОРОБИ ТА ІШЕМІЧНОЇ ХВОРОБИ СЕРЦЯ

Мета дослідження полягала у визначенні особливостей розвитку гіпертонічної хвороби (ГХ) та ішемічної хвороби серця (ІХС) в учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА) на ЧАЕС залежно від статі, професійної належності, строків перебування під дією радіації та характеру робіт, що виконувались.

Матеріали та методи. За період з 2012 по 2018 рр. обстежено 483 чоловіків-УЛНА (УЛНА-ч) та 134 жінок УЛНА (УЛНА-ж), які працювали в зоні аварії в 1986–1987 рр. Всі УЛНА, чоловічої та жіночої статі, на момент участі в аварійних роботах не мали ознак кардіальної патології. Діагноз серцево-судинного захворювання (ССЗ) встановлювали у відповідності до стандартів діагностики, прийнятих в Україні на основі клініко-лабораторного обстеження.

Результати. За професійною належністю та характером виконуваних робіт всі УЛНА були розподілені на наступні категорії: (1) оперативний персонал ЧАЕС, (2) особи, зайняті на будівельних роботах (будівельники), (3) водії, (4) інженерно-технічні робітники (ІТР), (5) службовці міністерства внутрішніх справ (МВС), включаючи пожежників, внутрішніх військ (ВВ), радянської армії (РА), (6) робітники низькокваліфікованої праці (НКП), (7) медичний персонал (лікарі, медичні сестри, фельдшери) і (8) обслуговуючий персонал. Із числа всіх обстежених чоловіків і жінок, які брали участь в ліквідації наслідків аварії (ЛНА), переважна більшість працювала в зоні аварії з кінця квітня по кінець грудня 1986 року: 440 чоловіків і 111 жінок. Інші брали участь в ЛНА у 1987 р. Більшість чоловіків та жінок працювала на аварійних роботах з 26 квітня 1986 року по кінець травня (349 та 71 особа відповідно), причому частка чоловіків була вірогідно більшою. В інші місяці 1986 року та починаючи з 1987 року, навпаки, відносне число жінок, залучених до ЛНА, перебільшувало частку чоловіків. Чоловіки-УЛНА всіх професій перебували в зоні ризику розвитку ССЗ, причому достовірний зв'язок з ГХ відзначено у службовців силових структур, з ІХС – у ІТР і будівельників, а з інфарктом міокарда – у водіїв. Ризик розвитку ГХ в перші 10 років після аварії був у 4,6 раза вище у службовців МВС, ВВ і РА, які працювали в м. Прип'ять і/або на ЧАЕС звичайним (невахтовим) методом порівняно з особами інших професій та умов праці. Ризик розвитку ІХС в перші 15 років був вищим у 8,2 раза в ІТР, які працювали в 30-км зоні, порівняно з іншими УЛНА, а інфаркту міокарда – впродовж всього періоду спостереження в 6,4 раза вище у водіїв-УЛНА, які працювали в 30-км зоні вахтовим методом. У жінок-УЛНА ризик розвитку ГХ в перші 10 років після аварії був в 2,1 раза нижчим у тих, хто працював у сфері обслуговування (працівники кухні, торгівлі, економісти і бухгалтери, зв'язківці тощо) порівняно з представницями будь-якої іншої професії, а ІХС в перші 15 років після аварії – вищий у лікарів і медичних сестер та УЛНА інших професійних категорій, які працювали вахтовим методом. Жінки, які працювали вахтовим методом мали в 4,8 раза вищий ризик розвитку інфаркту міокарда, ніж ті, хто працював протягом певного терміну з наступним виведенням із зони аварії.

Висновки. Для більш точної оцінки радіаційного впливу на серцево-судинну систему осіб, які брали участь в ЛНА на ЧАЕС, слід не обмежуватися тільки порівнянням ефектів з неопроміненим населенням, але брати до уваги професійну належність УЛНА, терміни перебування в зоні аварії і характер праці.

Ключові слова: учасники ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, іонізуюче випромінювання, гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця, інфаркт міокарду, умови праці, професійні групи.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2019. Вип. 24. С. 350–366. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-350-366

✉ Білий Давид Олександрович, e-mail: dbelyi_2000@yahoo.com

D. Belyi✉, O. Nastina, G. Sydorenko, N. Kursina, O. Bazyka, Z. Gabulavichene, O. Kovaliov

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

THE DEVELOPMENT OF HYPERTENSION DISEASE AND ISCHEMIC HEART DISEASE IN EMERGENCY WORKERS OF THE CHORNOBYL ACCIDENT AND INFLUENCE ON IT CONDITIONS OF BEING UNDER RADIATION

The objective of this investigation is to determine features of hypertensive heart disease (HHD) and coronary heart disease (CHD) development in emergency workers (EW) of Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) in dependence on gender, occupation, duration of stay under radiation and the nature of performed job.

Materials and methods. During the period from 2012 to 2018, 483 male EW (EW-m) and 134 female EW (EW-f), who worked in the accident zone over 1986–1987, were examined. All EW of both gender at the time of emergency works had no signs of cardiac pathology. The diagnosis of cardiovascular disease was established in accordance with the diagnostic standards adopted in Ukraine [2964], on the basis of clinical and laboratory examination.

Results. EW could be divided into the following categories according to their occupational membership and nature of performed job: (1) ChNPP staff, (2) persons engaged in construction works (builders), (3) drivers, (4) engineers and technicians, (5) Soviet Army (SA) personnel, policemen and firemen served in Ministry of Internal Affairs (MIA), officers of Interior Troops (IT), (6) low skilled laborers (LSL), (7) medical staff (doctors, nurses, paramedics) and (8) service staff. Among all examined men and women who took part in emergency work, the overwhelming majority stood in the accident area from the end of April to the end of December 1986: 440 men and 111 women. Others were involved to work during 1987. Most men and women worked on liquidation of the accident from April 26, 1986 to the end of May (349 and 71 persons respectively), with the proportion of men was significantly higher. In the rest months of 1986 and the beginning of 1987, on the contrary, the relative number of women involved in the accident exceeded the proportion of men. The EW-m of all occupations were in the risk zone of the cardiovascular diseases, and the HHD development truly correlated with service in MIA, SA and IT, CHD development with profession of engineer and technician, and builder as well, and MI development with driver job. The risk of HHD development during the first 10 years after the accident was 4.6 times higher among officers of MIA, SA and IT who had non-shift work in Prypiat and/or at the ChNPP comparing with persons of other occupations and working conditions. The risk of CHD development during the first 15 years was 8.2 times higher in the engineers and technicians who worked in the 30-km zone, compared with other EW and risk of MI throughout the observation period was 6.4 times higher in the drivers, who had shift work in a 30-km zone. In EW-f the risk of HHD developing during the first 10 years after the accident was 2.1 times lower than those who worked in the service sector (kitchen, trade, economists and accountants, communications, etc.) compared with the representatives of any other profession, and the risk of CHD developing during the first 15 years after the accident was higher in medical staff and EW of other occupational categories that had shift work. Women who worked with shifts had a 4.8-fold higher risk of MI developing than those who had limited terms of work with the subsequent withdrawal from the accident area.

Conclusions. For more accurately assess the radiation effects on the cardiovascular system of persons who took part in the emergency works at the ChNPP, it should not be limited by comparing the effects of unexposed populations, but to take into account the EW professional affiliation, the terms of stay in the accident area and the nature of performed work.

Key words: emergency workers at the Chernobyl NPP, ionizing radiation, hypertensive heart disease, coronary heart disease, myocardial infarction, working conditions, occupational groups.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2019;24:350-366. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-350-366

ВСТУП

Класична парадигма кількісної радіобіології взагалі, і медичної радіобіології зокрема, полягає у зіставленні ефектів опромінення з величиною поглиненої

INTRODUCTION

The classic paradigm of quantitative radiobiology in general, and medical radiobiology in particular, is to compare radiation effects with the amount of

✉ Davyd O. Belyi, e-mail: dbelyi_2000@yahoo.com

дозы [1], тому визначення останньої є важливим завданням при вивченні ранніх і віддалених наслідків впливу радіації на біологічний об'єкт. В цьому плані Чорнобильська аварія не стала винятком, скоріше навпаки: з 1986 по 1989 рр. в ліквідації наслідків аварії (ЛНА) взяли участь близько 600 тис. чоловік, які перебували в умовах різних рівнів опромінення і, відповідно, зазнали радіаційного впливу в широкому діапазоні доз [2]. Однак в реальності дозиметричні служби різних міністерств і відомств колишнього Радянського Союзу виявилися не готовими до проведення точної індивідуальної дозиметрії [3].

Про відсутність індивідуальної дозиметрії йдеться і в доповіді групи експертів «Здоров'я» Чорнобильського форуму. Вони дійшли висновку, що дози, представлені в національних реєстрах Білорусі, Росії та України, охоплюють лише половину всіх учасників ліквідації наслідків аварії (УЛНА), і рекомендують ставитися до них з обережністю, вважаючи їх неточними [4]. Вирішення цієї проблеми автори доповіді бачать у використанні нового методу оцінки доз – RADRUE (Realistic Analytical Dose Reconstruction with Uncertainty Estimation). Однак, цей метод не передбачає швидкої реконструкції доз для поточних епідеміологічних і клінічних досліджень.

Незважаючи на існуючу з 1986 р. проблему з відсутністю у більшості УЛНА даних про поглинені дози, вихід із ситуації, що склалась, бачили в порівнянні стану здоров'я УЛНА з неопроміненими особами. Це стосувалося, насамперед, пацієнтів, які перебували під постійним медичним контролем і проходили регулярне обстеження в поліклініці і/або стаціонарі Державної установи «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України» (ННЦРМ). Наявність достовірних відмінностей поширеності захворювань (= частоти їх зустрічальності) або термінів розвитку патології відносили на рахунок участі в ЛНА, розуміючи, що це може бути результатом поєднаної дії радіації і, як мінімум, хронічного стресу [5, 6], а найчастіше ще й хімічних речовин, гіпертермії, ультрафіолетового випромінювання [6]. Рівень опромінення і ступінь впливу інших шкідливих факторів залежали від професії УЛНА, часу і термінів перебування в зоні аварії та характеру робіт, які виконувались, що безумовно повинно було позначитися на стані серцево-судинної системи УЛНА і появи у них відповідної патології. З огляду на це були проведені дослідження для вирішення питання, як умови, в яких виконувалися аварійні роботи, могли впливати на розвиток гіпертонічної хвороби (ГХ) та ішемічної хвороби серця (ІХС) в УЛНА.

absorbed dose [1], therefore its determining is an important task if studying the early and long-term radiation effects on biological object. From this side the Chornobyl accident did not become an exception, rather the reverse: from 1986 to 1989 about 600 thousand people took part in emergency work, and they were exposed to different levels of radiation and irradiated in wide dose ranges [2]. However, in reality, the dosimetric services of various ministries and departments of the former Soviet Union were not ready to carry out an accurate individual dosimetry [3].

The group of experts «Health» at the Chornobyl Forum also reported about an absence of the individual dosimetry. They came to the conclusion that the doses presented in national registries of Belarus, Russia and Ukraine cover only half of all emergency workers (EW) and recommend treating them with caution, considering them inaccurate [4]. The report authors consider to use the new method of dose assessment – RADRUE (Realistic Analytical Dose Reconstruction with Uncertainty Estimation). However, this method does not involve rapid dose reconstruction for current epidemiological and clinical studies.

Despite a problem since 1986 of lack of data on absorbed doses for the most EW, the workaround here was seen in comparison EW health status with non-irradiated persons. It was primarily concerned patients who were under medical follow-up and undergoing regular examination at the National Research Center for Radiation Medicine (NRCRM) outpatient department or in its hospital. The presence of significant differences in diseases prevalence (= frequency of their occurrence) or the time of any pathology onset was attributed to the participation emergency work, considering that this may be the result of combined effect of radiation and, at a minimum, chronic stress only [5, 6] but more frequently together with chemicals, hyperthermia, ultraviolet radiation [6]. The level of irradiation and a power of impact caused by other harmful factors depended on EW occupation, the time and duration of stay in the accident area, and the nature of job that was performed. All these conditions certainly had to affect the state of EW cardiovascular system and the development of respective pathology. In this regard, studies were conducted to reveal how the conditions under which emergency work was carried out could have influenced the development of hypertensive heart disease (HHD) and coronary heart disease (CHD) in EW.

МЕТА

Визначення особливостей розвитку гіпертонічної хвороби та ішемічної хвороби серця в УЛНА на ЧАЕС залежно від статі, професійної належності, строків перебування під дією радіації та характеру робіт, що виконувались.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

За період з 2012 по 2018 рр. обстежено 483 чоловіків-УЛНА (УЛНА-ч) та 134 жінок УЛНА (УЛНА-ж), які працювали в зоні аварії в 1986-1987 рр. Всі УЛНА, чоловічої та жіночої статі, на момент участі в аварійних роботах не мали ознак кардіальної патології. Чоловіки були молодші від жінок на 2 роки – ($37,6 \pm 9,1$) проти ($39,5 \pm 7,3$) років, $p = 0,030$. Інформація про характер робіт, що виконувались, терміни і місце перебування в зоні аварії була отримана з анамнестичних даних і документів, що підтверджували участь обстежених в ЛНА. Діагноз серцево-судинного захворювання (ССЗ) встановлювали відповідно до стандартів діагностики, прийнятих в Україні [7], на основі клініко-лабораторного обстеження, електрокардіографічного дослідження (ЕКГ), добового моніторингу ЕКГ, ЕКГ з навантажувальним тестуванням, еходоплеркардіографії та ретроспективного аналізу медичної документації.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили за допомогою комп'ютерної програми SPSS 22. Використовували методи описової статистики, аналіз таблиць спряженості, порівняння середніх (t -критерій, однофакторний дисперсійний аналіз), а також аналіз виживання (метод Каплана-Мейєра).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В ЛНА на ЧАЕС брали участь особи різних професій і посад, які належали до різноманітних відомств та міністерств. За професійною належністю і характером виконуваних робіт всі УЛНА були розподілені на такі категорії: (1) оперативний персонал ЧАЕС; (2) особи, зайняті на будівельних роботах (будівельники); (3) водії; (4) інженерно-технічні робітники (ІТР); (5) службовці міністерства внутрішніх справ (МВС), включаючи пожежників, внутрішніх військ (ВВ), радянської армії (РА); (6) робітники низькокваліфікованої праці (НКП); (7) медичний персонал (лікарі, медичні сестри, фельдшери) і (8) обслуговуючий персонал (рис. 1). Остання категорія включала 59 осіб, виключно жінок різних професій: кухарі, бухгалтери, економісти, зв'язківці, комірники, продавці, прибиральниці та інші. Як правило, вони працювали в м. Чорнобиль або населених пунктах 30-км зони. До ка-

OBJECTIVE

The objective of this investigation is to determine features of HHD and CHD development in EW of Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) in dependence on gender, occupation, duration of stay under radiation and the nature of performed job.

MATERIALS AND METHODS

During the period from 2012 to 2018, 483 male EW (EW-m) and 134 female EW (EW-f), who worked in the accident zone over 1986–1987, were examined. All EW of both gender at the time of emergency works had no signs of cardiac pathology. Men were younger than women for 2 years: (37.6 ± 9.1) versus (39.5 ± 7.3) years, $p = 0.030$. Anamnestic data and documents confirming the participation in emergency works served as an information on performed job, the terms of stay and location at the accident area. The diagnosis of cardiovascular disease (CVD) was established in accordance with the diagnostic standards adopted in Ukraine [7], on the basis of clinical and laboratory examination, electrocardiographic examination (ECG), Holter's ECG monitoring, stress-test ECG, echodopplercardiography, and retrospective analysis of medical records.

The statistical analysis of the obtained research data was carried out using the SPSS 22 computer program. The methods of descriptive statistics, cross-tabulations, means comparison (t -criterion, one-way ANOVA), and survival analysis (Kaplan–Meier method) were used.

RESULTS

People of different occupations and posts belonging to various departments and ministries took part in emergency works at the ChNPP. EW could be divided into the following categories according to their occupational membership and nature of performed job: (1) ChNPP staff, (2) persons engaged in construction works (builders), (3) drivers, (4) engineers and technicians, (5) Soviet Army (SA) personnel, policemen and firemen served in Ministry of Internal Affairs (MIA), officers of Interior Troops (IT), (6) low skilled laborers (LSL), (7) medical staff (doctors, nurses, paramedics) and (8) service staff (Fig. 1). The last category included 59 people, exclusively women of different professions: chefs, accountants, economists, telecommunications worker, storekeepers, sellers, cleaners and others. As a rule, they worked

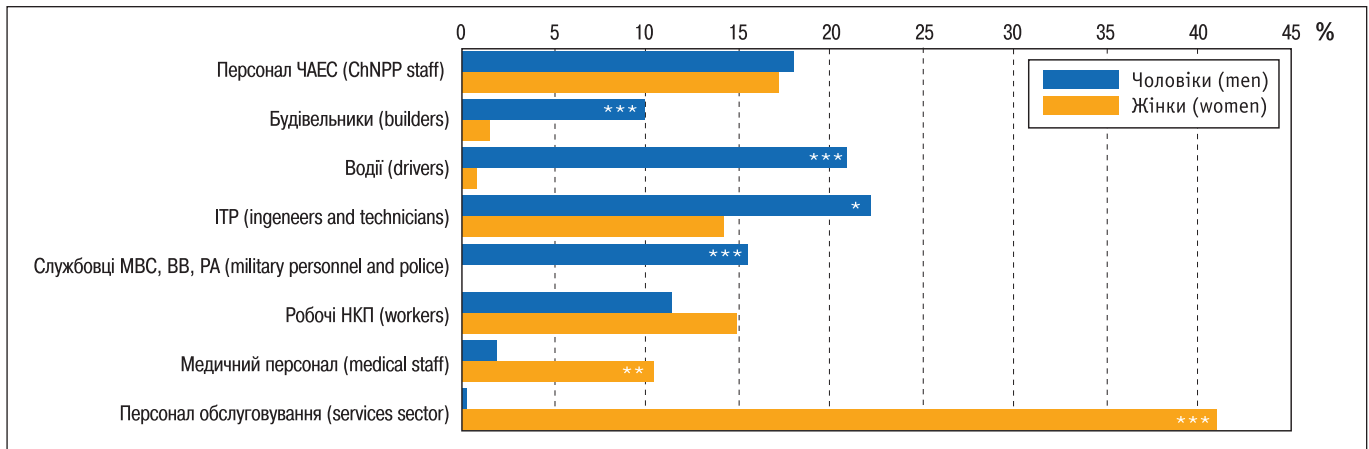


Рисунок 1. Відносне число УЛНА чоловічої та жіночої статі залежно від їх професії та характеру робіт, що виконувались

Статистична помилка: * < 0,05; ** < 0,01; *** < 0,001.

Figure 1. Relative number of male and female EW depending on their occupation and the nature of performed work

Statistical error: * < 0.05; ** < 0.01; *** < 0.001.

тегорії робочих НКП зараховувалися особи зі середньою технічною або вищою освітою, які при потребі використовувалися не за фахом, а на роботах, пов'язаних з очищенням забрудненої території або завантаженням піску в гелікоптери. В цю групу також відносили резервістів, залучених районними військоматами, які проводили дезактивацію території.

Частка жінок була достовірно менша, ніж чоловіків, серед будівельників, водіїв автотранспорту та ІТР. Персонал ЧАЕС практично порівну був представлений особами обох статей. Службовці МВС, РА і ВВ були представлені суто чоловіками. Жінок було більше серед медичного персоналу та, за винятком єдиного чоловіка, вони склали підгрупу персоналу обслуговування.

Із числа всіх обстежених чоловіків і жінок, які брали участь в ЛНА, переважна більшість працювала в зоні аварії з кінця квітня по кінець грудня 1986 року: 440 чоловіків і 111 жінок. Інші брали участь в ЛНА у 1987 р. (рис. 2). Більшість чоловіків і жінок працювала на аварійних роботах з 26 квітня 1986 року по кінець травня (349 та 71 особа відповідно), причому частка чоловіків була вірогідно більша. В інші місяці 1986 року та починаючи з 1987 року, навпаки, відносне число жінок, залучених до ЛНА, перевищувало частку чоловіків.

Серед УЛНА-ч у квітні-травні 1986 р. у ЛНА взяли участь 78 працівників ЧАЕС (89,7 % від загального числа всіх осіб цієї професійної групи), 63 службовці МВС, РА і ВВ (84 %), 36 будівельників (75 %), 73 водії (72,3 %), 68 ІТР (63,6 %), 28 робітників НКП

in Chernobyl or settlements of the 30-km zone. The category of LSL included persons, who regardless of their education were used on works related to cleaning contaminated territory or loading of sand into helicopters. This group also consisted of reservists who were involved for decontamination by district military committees.

The proportion of women was significantly lower than men among builders, drivers and engineers. The ChNPP personnel were practically equally represented by male and female. Military personnel and policemen were purely male. Women were more likely to be employed as medical staff and, not counting a single man, they formed a subgroup of service personnel.

Among all examined persons who took part in emergency work, the overwhelming majority stood in the accident area from the end of April to the end of December 1986: 440 men and 111 women. Others were involved to work during 1987 (Fig. 2). Most of them worked on liquidation of the accident from April 26, 1986 to the end of May (349 and 71 persons respectively), with the proportion of men was significantly higher. In the rest months of 1986 and the beginning of 1987, on the contrary, the relative number of women involved in the accident exceeded the proportion of men.

Amongst EW-m 78 ChNPP employees (89.7 % of the total number of all persons in this professional group), 63 officers of MIA, SA and IT (84 %), 36 builders (75 %), 73 drivers (72.3 %), 68 engineers and technicians (63.6 %), 28 LSL (50.9 %) and 3

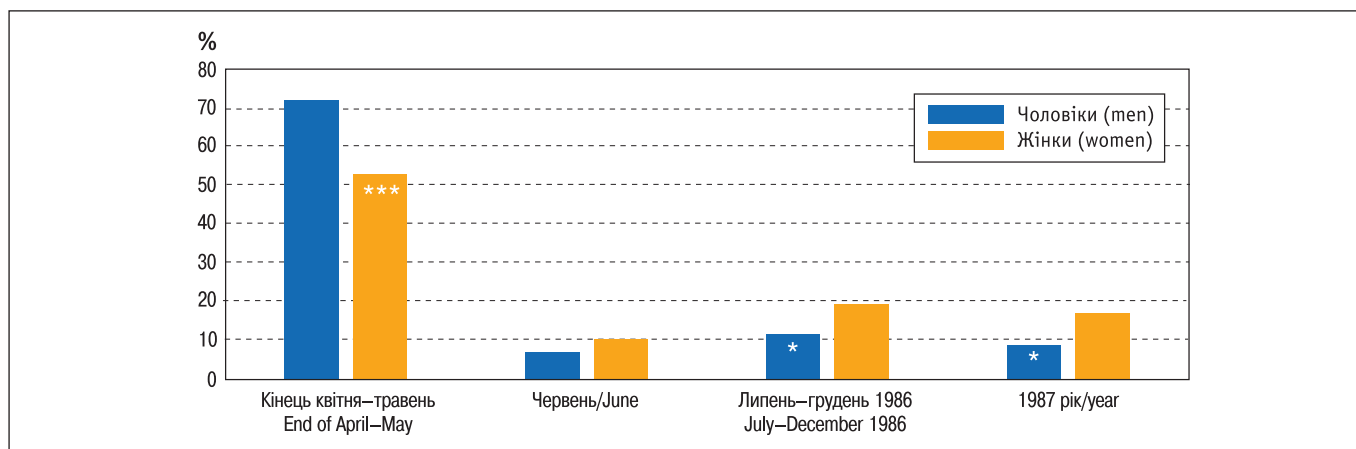


Рисунок 2. Відносне число УЛНА чоловічої та жіночої статі залежно від терміну виконання аварійних робіт

Статистична помилка: * < 0,05; *** < 0,001.

Figure 2. Relative number of male and female EW depending on terms of emergency work

Statistical error: * < 0.05; *** < 0.001.

(50,9 %) і 3 медичних працівники (33,3 %), тобто, крім останніх двох категорій більше половини всіх чоловіків працювали в зоні аварії в період, коли рівні радіації були найбільш високими [8]. У жінок в цей період найчисельнішою групою були робітники НКП – 15 осіб (75 %), медичні працівники – 9 осіб (64,3 %) і кадрові працівники ЧАЕС – 12 осіб (52,2 %). В інших професійних категоріях число жінок не досягало половини: 9 ІТР (47,4 %) і 25 працівників сфери обслуговування (45,5 %).

Більше половини чоловіків-УЛНА і майже половина групи жінок-УЛНА працювали в м. Прип'ять і/або безпосередньо на ЧАЕС (рис. 3). Третина УЛНА, як чоловічої, так і жіночої статі, виконувала аварійні роботи в різних пунктах 30-км зони. Четверта частина від загального числа жінок працювала в м. Чорнобиль та їх було вірогідно більше, ніж чоловіків-УЛНА. З числа всіх УЛНА 35 чоловіків і 10 жінок послідовно виконували роботи в двох або трьох зонах, позначених на рис. 3.

Переважна більшість осіб обох статей залучалася до аварійних робіт на певний термін, а потім вони поверталися до своєї постійної трудової діяльності. Частина УЛНА – 103 чоловіки та 51 жінка (відповідно 21,3 % проти 38,1 % при $p < 0,001$) – працювали на ЛНА вахтовим методом, як правило, в м. Чорнобиль або на ЧАЕС.

В післяаварійному періоді відносне число УЛНА-ч, у яких розвинулись ГХ, ІХС та поєднання цих захворювань, було вірогідно менше, ніж УЛНА-ж, а саме: ГХ – у 421 (87,2 %) проти 131 (97,8 %, $p < 0,001$), ІХС – в 373 (77,2 %) проти 121 (90,3 %, $p < 0,001$) та ГХ з ІХС – в 338 (70,0 %) проти 118 (88,1 %, $p < 0,001$).

medical workers (33.3 %) were working in April-May 1986, that is, except the last two categories, more than half of other category members worked in the accident area when the radiation levels were the highest [8]. In women during the same period 15 LSL (75 %), 9 persons of medical staff (64.3 %) and 12 ChNPP employees (52.2 %) was the most numerous group. In other occupational categories, the number of women did not reach half: 9 engineers and technicians (47.4 %) and 25 service workers (45.5 %).

More than half of EW-m and almost half of EW-f worked in Prypiat city and/or directly at the ChNPP (Fig. 3). The one third EW, both male and female, performed emergency work at various points of 30-km zone. The one fourth of all EW-f was worked in the Chernobyl city and their number was authentically greater than EW-m. Amongst all EW 35 men and 10 women consistently performed work in two or three zones marked on Fig. 3.

The overwhelming majority of men and women were involved in emergency work for a certain term, and then they returned to their regular employment but 103 men and 51 women (respectively 21.3 % vs 38.1 % at $p < 0.001$) had a shift method of labor in Chernobyl or at ChNPP as a rule.

In the post-accident period, the relative number of EW-m which developed HHD, CHD and their combination, was significantly less than EW-f: HHD in 421 men (87.2 %) versus 131 women (97.8 %, $p < 0.001$), CHD in 373 men (77.2 %) versus 121 women (90.3 %, $p < 0.001$) and HHD with CHD in 338 men (70.0 %) versus 118 women (88.1 %, $p < 0.001$).

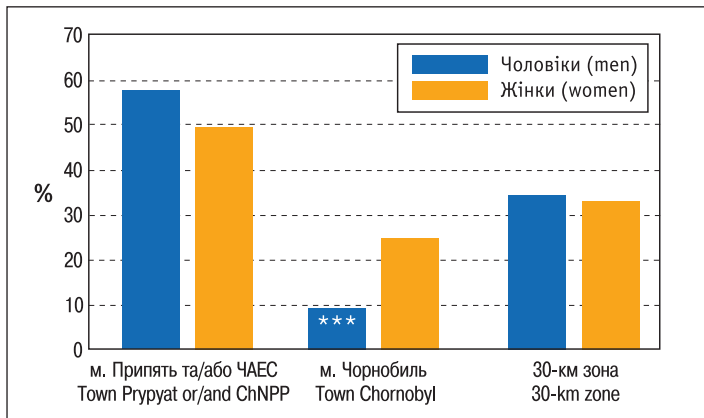


Рисунок 3. Відносне число УЛНА чоловічої та жіночої статі залежно від місця виконання аварійних робіт

Статистична помилка: *** < 0,001

Figure 3. Relative number of male and female EW depending on their point of emergency work

Statistical error: *** < 0.001

Середній вік УЛНА, чоловіків і жінок, на момент розвитку у них ГХ і ІХС представлений в табл. 1. Оскільки за критерієм Колмогорова-Смирнова розподіл віку УЛНА за професіями не був нормальним, то для оцінки достовірності відмінностей був використаний непараметричний критерій Манна-Уїтні. Серед чоловіків-УЛНА на момент розвитку ГХ і ІХС наймолодшими були службовці МВС, ВВ і РА, хоча їх вік достовірно відрізнявся не з усіма професійними групами. У жінок-УЛНА не виявлено достовірних вікових відмінностей за професійною ознакою. В групі УЛНА-ч порівняно з УЛНА-ж ІХС розвинулась у вірогідно молодшому віці серед співробітників ЧАЕС, ІТР та робітників НКП, тоді як вік розвитку ГХ достовірно не розрізнявся.

Окремі професійні групи чоловіків також статистично розрізнялись між собою за середнім віком розвитку ГХ та ІХС – представники ІТР від робітників НКП.

Якщо брати дату аварії на ЧАЕС за нульову точку відліку, то після участі в ЛНА ГХ розвивалася достовірно раніше у чоловіків-службовців МВС, ВВ і РА, ніж у працівників ЧАЕС, водіїв та ІТР (табл. 2). Латентний період від часу робіт з ЛНА і до розвитку ІХС був достовірно коротшим у будівельників порівняно зі службовцями МВС, ВВ і РА, водіями і робітниками НКП. У жінок-УЛНА не виявлено достовірних відмінностей часу розвитку ГХ і ІХС після робіт з ЛНА залежно від професії. Не відрізнявся час виявлення ГХ у чоловіків і жінок. Латентний період появи ІХС у жінок-працівників ЧАЕС, ІТР і працівників НКП був достовірно довшим, ніж у чоловіків відповідних професій.

Представлені дані дозволяють дійти висновку, що тільки у чоловіків-УЛНА, які належать до категорії службовців МВС, ВВ і РА, була тенденція до розвитку ГХ і ІХС у молодшому віці, а ГХ – в більш

The average age of EW-m and EW-f at the time of HHD and CHD onset is presented in Table. 1. Since according to the Kolmogorov-Smirnov criterion the age distribution of EW of different occupation was not normal, the non-parametric Mann-Whitney criterion was used to assess the significance of statistical differences. Among EW-m officers of MIA, SA and IT were the youngest at the time HHD and CHD onset, despite no significant age difference from other professional groups. EW-f demonstrated no any significant age differences according to their occupational background. In the EW-m group vs. EW-f, the CHD developed at a more young age among the ChNPP staff, the engineers and technicians and the LSL, while the age of development of the HHD was not significantly different between genders.

Several occupational groups of men also statistically differed between themselves by the mean age of HHD and CHD onset namely engineers and technicians against LSL.

Taking the date of Chernobyl accident for a zero point of reference, HHD significantly earlier developed in male officers of MIA, SA and IT after taking part in emergency work in comparing with the ChNPP staff, drivers and engineers and technicians (Table 2). The latent period since the time of emergency work to CHD onset was significantly shorter in builders vs. MIA, SA and IT officers, drivers and LSL. EW-f of different occupation did not have any significant differences in the time of HHD and CHD onset after emergency work. EW-m and EW-f did not differ by the time of HHD onset. The latency period of CHD onset in women of ChNPP staff, engineers and technicians and LSL was significantly longer than that of men of the occupations concerned.

The presented data allow us to conclude that only EW-m belonging to the category of MIA, SA and IT officers had a tendency to develop HHD and CHD at a younger age, and HHD at an earlier terms than

Таблиця 1
Вік, в якому УЛНА різних професій захворіли на ГХ та ІХС, (M ± SD) років
Table 1
Age of HND and CHD onset in EW of different occupations, (M ± SD) years

Професія / Occupation	ГХ / HND		U-тест/test p	ІХС / CHD		U-тест/test p
	чоловіки/men	жінки/women		чоловіки/men	жінки/women	
Співробітники ЧАЕС ChNPP staff	48,1 ± 11,9* (n = 68)	49,4 ± 8,3 (n = 23)	0,514	55,6 ± 8,3* (n = 64)	59,7 ± 6,6 (n = 23)	0,047
Службовці МВС, ВВ та РА Officers of MIA, SA and IT	38,5 ± 9,1 (n = 64)	–		52,2 ± 8,2 (n = 37)	–	
Будівельники Builders	48,1 ± 10,4* (n = 40)	58,7 ± 4,0 (n = 2)	0,098	53,9 ± 9,3 (n = 37)	63,2 ± 5,2 (n = 2)	0,151
Водії Drivers	47,5 ± 11,3* (n = 95)	– (n = 1)		55,4 ± 10,0 (n = 87)	– (n = 1)	
ІТР Engineers and technicians	49,8 ± 11,0*† (n = 100)	47,7 ± 11,5 (n = 18)	0,385	55,6 ± 9,3*† (n = 101)	62,2 ± 8,2 (n = 16)	0,007
Робітники НКП LSL	44,6 ± 10,1* (n = 44)	47,5 ± 9,8 (n = 19)	0,505	52,7 ± 7,8 (n = 45)	59,9 ± 7,6 (n = 17)	0,003
Медичні працівники Medical staff	46,7 ± 14,1 (n = 9)	51,8 ± 8,9 (n = 13)	0,357	56,1 ± 10,9 (n = 8)	60,0 ± 7,3 (n = 14)	0,297
Робітники сфери обслуговування Service sector	–	51,1 ± 11,4 (n = 53)		–	60,5 ± 8,2 (n = 50)	

Примітка: * – статистична помилка < 0,05 в порівнянні зі службовцями МВС, ВВ та РА за критерієм Манна-Уїтні; † – статистична помилка < 0,05 в порівнянні з робітниками НКП за критерієм Манна-Уїтні.

Note: * – statistical error < 0.05 comparing with officers of MIA, SA and IT due to Mann-Whitney criterion; † – statistical error < 0.05 comparing with LSL due to Mann-Whitney criterion.

Таблиця 2
Термін розвитку ГХ та ІХС після аварії на ЧАЕС в УЛНА різних професій, (M ± SD) років
Table 2
The terms of HND and CHD onset after the Chernobyl accident in EW of different occupations, (M ± SD) years

Професія / Occupation	ГХ / HND		U-тест/test p	ІХС / CHD		U-тест/test p
	чоловіки/men	жінки/women		чоловіки/men	жінки/women	
Співробітники ЧАЕС ChNPP staff	9,1 ± 7,6* (n = 68)	8,3 ± 7,6 (n = 23)	0,687	14,8 ± 7,7* (n = 64)	18,9 ± 7,4 (n = 23)	0,041
Службовці МВС, ВВ та РА Officers of MIA, SA and IT	5,8 ± 5,3 (n = 62)	–		17,2 ± 7,9 (n = 37)	–	
Будівельники Builders	7,3 ± 6,1 (n = 40)	11,2 ± 4,9 (n = 2)	0,334	11,8 ± 7,3† (n = 37)	15,7 ± 4,2 (n = 2)	0,456
Водії Drivers	10,3 ± 8,3* (n = 95)	– (n = 1)		17,1 ± 7,3† (n = 87)	– (n = 1)	
ІТР Engineers and technicians	8,9 ± 7,2* (n = 100)	9,4 ± 9,6 (n = 18)	0,795	14,3 ± 7,2* (n = 101)	22,0 ± 6,5 (n = 16)	0,000
Робітники НКП LSL	8,7 ± 8,2 (n = 44)	11,0 ± 8,9 (n = 19)	0,478	16,6 ± 6,6† (n = 45)	22,4 ± 5,8 (n = 17)	0,003
Медичні працівники Medical staff	4,8 ± 4,5 (n = 9)	11,0 ± 8,5 (n = 13)	0,110	12,3 ± 6,7 (n = 8)	18,5 ± 8,5 (n = 14)	0,188
Робітники сфери обслуговування Service sector	–	12,3 ± 8,6 (n = 52)		–	20,4 ± 7,6 (n = 50)	

Примітка: * – статистична помилка < 0,05 в порівнянні зі службовцями МВС, ВВ та РА за критерієм Манна-Уїтні; † – статистична помилка < 0,05 в порівнянні з робітниками НКП за критерієм Манна-Уїтні.

Note: * – statistical error < 0.05 comparing with officers of MIA, SA and IT due to Mann-Whitney criterion; † – statistical error < 0.05 comparing with LSL due to Mann-Whitney criterion.

ранні терміни, ніж в УЛНА інших професій. Водночас слід враховувати, що на момент участі в ЛНА чоловіки цієї когорти були наймолодшими – їх вік становив $(38,5 \pm 9,1)$ років.

Аналіз таблиць спряженості і ранговий кореляційний аналіз за Спірменом показав, що розвиток ГХ і ІХС у жінок за всі післяаварійні роки не пов'язаний з професією, місцем і часом проведення робіт. Такий же результат отримано у чоловіків-УЛНА щодо розвитку ГХ. Виникнення ІХС за всі післяаварійні роки було пов'язано у чоловіків з двома факторами: належністю до ІТР і роботами в 30-км зоні. У ІТР χ^2 Пірсона дорівнював 10,045 при $p = 0,001$, а співвідношення шансів (СШ) становило 3,094 (95 % довірчий інтервал – ДІ – 1,494–6,409), тобто, у стільки разів у них був вищим шанс захворіти на ІХС. У осіб, які працювали в 30-км зоні зв'язок з розвитком ІХС визначався високим значенням χ^2 Пірсона (12,796 при $p = 0,000$) і в 2,808 раза більшим ризиком захворіти на ІХС у порівнянні з УЛНА, які перебували в м. Чорнобиль, Прип'ять або на ЧАЕС.

Емпіричним шляхом було визначено, що існує достовірний зв'язок між ГХ, яка розвинулася в перші 10 років після аварії, та професією УЛНА, місцем і характером робіт, що виконувались. Те ж стосувалося ІХС, на яку УЛНА захворіли в перші 15 років після перебування в зоні аварії, але зв'язок ІХС, ускладненої інфарктом міокарда (ІМ), визначався тільки, якщо враховувати випадки розвитку ІМ за весь післяаварійний період.

Аналіз таблиць спряженості показав, що в УЛНА-ч, службовців МВС, ВВ і РА, виявлено достовірний і високий ризик розвитку ГХ, а у будівельників – ІХС, у водіїв – ІМ (табл. 3). В УЛНА, які працювали в м. Прип'ять і/або на ЧАЕС, існував в 1,6 раза більший ризик розвитку ГХ, ніж у чоловіків, зайнятих на аварійних роботах в інших населених пунктах. У службовців МВС, ВВ і РА, які працювали в м. Прип'ять і на ЧАЕС, СШ розвитку ГХ зростало до 4,326 (95 % ДІ 1,98–9,430 при χ^2 Пірсона 15,671 і $p = 0,000$).

Перебування в 30-км зоні збільшувало ризик розвитку ІМ так само, як і робота вахтовим методом. Водночас, у тих, хто працював позмінно, ймовірність захворіти на ГХ була нижча і, навпаки, одноразові відрядження в зону аварії підвищували ризик розвитку ГХ в 1,916 раза (95 % ДІ 1,22–3,106). Можливо, це пов'язано з тим, що робота вахтовим методом, як чоловіків, так і жінок, виконувалася в кінці 1986 року та після початку 1987 року, коли радіацій-

EW of other occupations. At the same time, it should be borne in mind that at the time of emergency works men of this cohort were the youngest with mean age $(38,5 \pm 9,1)$ years.

The analysis of cross-tabulation and Spearman's rank correlation showed that the development of HHD and CHD in women during all post-accident years is not related to the occupation, place and terms of work. The same result was obtained in EW-m for HHD onset. The occurrence of CHD during all post-accident years was associated in men with two factors: affiliation to engineers and technicians and stay for job in the 30-km zone. In engineers and technicians Pearson's χ^2 was 10.045 at $p = 0.001$, and the odds ratio (OR) was 3.094 (95 % confidence interval – CI – 1.494–6.409) that is they had 3.094 times higher chance to get sick with CHD. Persons who worked in the 30-km zone had a correlation with CHD development and a high Pearson χ^2 (12.796 at $p = 0.000$) and a 2.808 times higher risk of CHD compared with EW located in Chornobyl, Prypiat either at ChNPP.

It was determined empirically that there is a reliable link between HHD onset during the first 10 years after the accident and the EW profession, the place and nature of work being performed. The same was true for CHD, which developed in EW during the first 15 years after being in the accident area, but the association of CHD complicated by myocardial infarction (MI) was determined only if the cases of MI were considered for the entire post-accident period.

The analysis of the cross-tabulation showed that significant and high risk of HHD was revealed in the EW-m, who served in MIA, SA and IT, CHD in the builders and MI in the drivers (Table 3). In the EW, who worked in Prypiat and/or at the ChNPP, there was a 1.6-fold higher risk of HHD developing than that of men engaged in emergency work in other settlements. The officers of MIA, SA and IT, who worked in Prypiat and at the ChNPP, had OR 4.326 for HHD onset (95 % CI 1.98–9.430 at χ^2 of Pearson 15.671 and $p = 0.000$).

Stay in the 30-km zone and a shift work increased the risk of MI developing. At the same time, those who had the shift work demonstrated a lower chance of getting sick with HHD, and vice versa, one-time missions to the accident area increased the risk of developing HHD by 1.916 times (95 % CI 1.22–3.106). Apparently, this is due to the fact that the shift work done by both men and women, was performed at the end of 1986 and after the beginning of 1987, when the

Таблиця 3

Фактори, які впливають на розвиток ГХ в перші 10 років, ІХС – в перші 15 років та ІМ за всі роки після робіт з ЛНА (за аналізом таблиць спряженості 2 × 2)

Table 3

Factors of influence on HND development during the first 10 years, CHD during the first 15 years and MI for during entire period after emergency works (by analyzing the cross-tabulations 2 × 2)

Стать Gender	Фактори, які впливали на розвиток захворювання Factors that influenced on disease development	Захворювання Diseases	χ^2 Пірсона χ^2 Pearson's	p	СШ (95 % ДІ) OR (95 % CI)
Чоловіки / Men	Службовці МВС, ВВ та РА / Officers of MIA, SA and IT Місце робіт: Прип'ять, ЧАЕС / Point of work is Prypyat, ChNPP Робота вахтами / Shift work	ГХ / HND	9,783	0,002	2,649 (1,414–4,965)
			6,684	0,010	1,647 (1,127–2,407)
			8,094	0,004	0,522 (0,332–0,820)
Жінки / Women	Робота в сфері обслуговування (work at service sector)		4,247	0,039	0,480 (0,238–0,969)
Чоловіки / Men	Будівельники / Builders	ІХС / CHD	9,006	0,003	2,629 (1,373–5,035)
			5,422	0,043	3,615 (1,163–11,238)
			4,737	0,030	2,4 (1,079–5,338)
Жінки / Women	Медичні працівники / Medical staff Робота вахтами / Shift work				
Чоловіки / Men	Водії / Drivers Місце робіт: 30-км зона / Point of work is 30-km zone Робота вахтами / Shift work	ІМ / MI	15,260	0,000	2,49 (1,563–3,968)
			11,714	0,001	2,068 (1,359–3,147)
			3,944	0,047	1,616 (1,004–2,603)
Жінки / Women	Робота вахтами / Shift work		5,918	0,022	4,848 (1,224–2,603)

ний стан був більш контрольованим, а трудовий процес став розміреним.

Визначено, що у жінок, які працювали в сфері обслуговування, існував в 2,08 рази нижчий ризик розвитку ГХ порівняно з представницями інших професій. Робота вахтовим методом впливала на ризик розвитку ІХС та ІМ, вірогідно збільшуючи його. Медичні працівники у порівнянні з жінками-УЛНА інших професій мали в 3,6 рази більший ризик захворіти на ІХС.

Оскільки у чоловіків-УЛНА на розвиток ГХ в перші 10 років після аварії впливало кілька чинників, то їх об'єднували в один і аналізували зв'язок ГХ з належністю до службовців МВС, ВВ і РА, які працювали непозмінно в м. Прип'ять і/або на ЧАЕС. Якщо хоча б одна зі згаданих умов не дотримувалася, УЛНА відносили до протилежної групи. Аналіз таблиць спряженості показав наявність високого зв'язку ГХ з даною сукупністю факторів: $\chi^2 = 15,387$ при $p = 0,000$, а СШ складало 4,604 (95 % ДІ 2,018–10,505). Відповідно було встановлено наявність зв'язку розвитку ІХС не тільки у будівельників, незалежно від місця їх роботи з ЛНА, а також в ІТР, які працювали в 30-км зоні ($\chi^2 = 11,546$ при $p = 0,001$, СШ – 8,174; 95 % ДІ 1,958–34,119), та ІМ у водіїв, які також працювали в 30-км зоні вахтовим методом ($\chi^2 = 9,216$ при $p = 0,002$, СШ – 6,431; 95 % ДІ 1,636–25,276).

Аналогічний статистичний аналіз у жінок-УЛНА підтвердив наявність зв'язку ІХС, діагностованої в

radiation situation was more controlled, and the labor process had a measured nature.

It has been determined that women who worked in the service sector had a 2.08-fold lower risk of HND developing compared to those of other occupations. Work by shift method influenced the risk of CHD and MI developing, significantly increased it. Medical staff compared with other occupations in EW-f had a 3.6-fold increased risk of CHD.

Since EW-m had several factors influencing HND development during the first 10 years after the accident, these factors united into one and analyzed the relation between HND and service in MIA, SA and IT, which had everyday work in Prypyat and/or at ChNPP. If at least one of the above factors was not observed, then EW was attributed to the opposite group. The analysis of cross-tabulation showed the presence of a high HND relation with this set of factors: $\chi^2 = 15.387$ at $p = 0.000$, and OR was 4.604 (95 % CI 2.018–10.505). Accordingly, it was established a relation of CHD development not only among builders, regardless of their place of emergency work, as well as in the engineers and technicians, who worked in the 30-km zone ($\chi^2 = 11.546$ at $p = 0.001$, and OR was 8.174; 95 % CI 1.958–34.119), and MI in the drivers who also had the shift work in the 30-km zone ($\chi^2 = 9.216$ at $p = 0.002$, and OR was 6.431; 95 % CI 1.636–25.276).

A similar statistics analysis in EW-f confirmed that CHD, diagnosed in the first 15 years after the acci-

перші 15 років після аварії, з роботою медичних працівників вахтовим методом: $\chi^2 = 12,619$ при $p = 0,000$, СШ – 1,138; 95 % ДІ 1,003–1,292.

Методом Каплана-Мейера оцінювали динаміку накопиченої захворюваності ГХ та ІХС, яка обчислювалася як 1 мінус накопичене виживання. На рис. 4А представлено сімейство кривих накопиченої захворюваності ГХ в УЛНА різних професій. Через 5 і 10 років після аварії кумулятивна частка хворих незалежно від професії склала 51,7 і 76,7 % відповідно. Близькі за значенням показники були у медичних працівників (50 і 66,7 %) і будівельників (48,9 і 66,7 %). Через 15 років після аварії у будівельників спостерігалася найвища частка хворих – 63,6 % (рис. 4Б).

У жінок-УЛНА аналіз таблиць виживання підтвердив раніше отримані дані про менший ризик захворіти на ГХ у робітниць сфери обслуговування. Через 10 років після аварії показник накопиченої захворюваності у них мав найменші значення – 42,6 % (рис. 5А), тоді як у ІТР він був найвищим – 63,2 %. Через 15 років кумулятивна частка хворих на ІХС у медичних працівників склала 50 %, що в 1,5–2,2 раза перевищувало аналогічний показник в осіб інших професійних груп.

Слід зазначити, що у чоловіків-УЛНА, які служили в МВС, ВВ і РА, середня доза зовнішнього опромінення становила 55,8 сГр ($n = 26$) і була нижчою, ніж у працівників ЧАЕС (108,9 сГр, $n = 50$) і будівельників (117,1 сГр, $n = 30$). Однак непараметричний тест Колмогорова-Смирнова не виявив достовірних відмінностей між цими трьома групами.

dent, related with the work as medical staff by the shift method: $\chi^2 = 12.619$ at $p = 0.000$, and OR was 1.138; 95 % CI 1.003–1.292.

Kaplan-Meier's method evaluated the dynamics of HHD and CHD cumulative morbidity, which was calculated as 1 minus cumulative survival. A family of curves demonstrating the cumulative morbidity of HHD in EW of different occupation is shown in Fig. 4A. In 5 and 10 years after the accident, the cumulative proportion of patients regardless their occupation was 51.7 and 76.7 % respectively. Like indices were among medical staff (50 and 66.7%) and builders (48.9 and 66.7 %). In 15 years after the accident, the highest proportion of patients was observed in the builders, namely 63.6 % (Fig. 4B).

In EW-f the analysis of survival tables confirmed the previously obtained data on the lower risk to fall ill with HHD in service workers. In 10 years after the accident their rate of accumulated morbidity had the lowest values – 42.6 % (Fig. 5A), while in engineers and technicians it was the highest – 63.2 %. After 15 years, the cumulative proportion of patients with CHD among medical staff was 50 %, which is 1.5–2.2 times higher than that of other professional groups.

It should be noted that for EW-m who served in MIA, SA and IT, the mean dose of external exposure was 55.8 cGy ($n = 26$) and was lower than that of ChNPP workers (108.9 gGy, $n = 50$) and builders (117.1 cGy, $n = 30$). However, the non-parametric Kolmogorov-Smirnov test did not reveal any significant differences between these three groups.

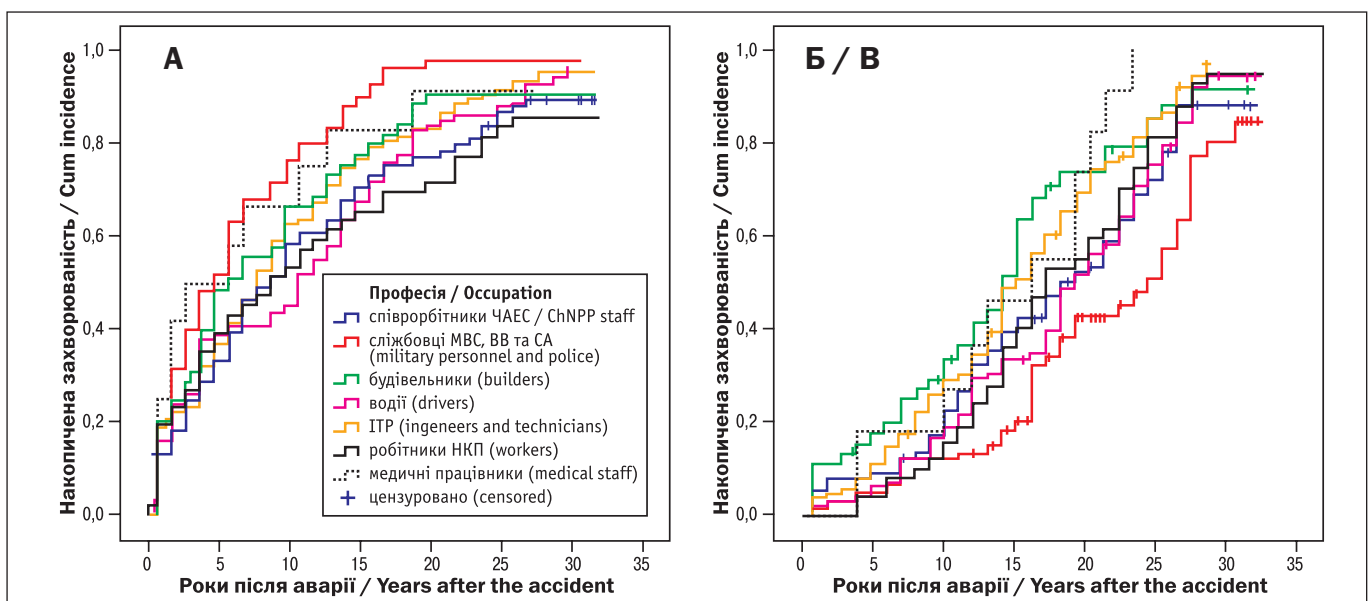


Рисунок 4. Динаміка накопиченої захворюваності на ГХ (А) та ІХС (Б) у чоловіків-УЛНА в післяаварійному періоді

Figure 4. Dynamics of HHD (A) and CHD (B) cumulated morbidity in EW-m during the post-accident period

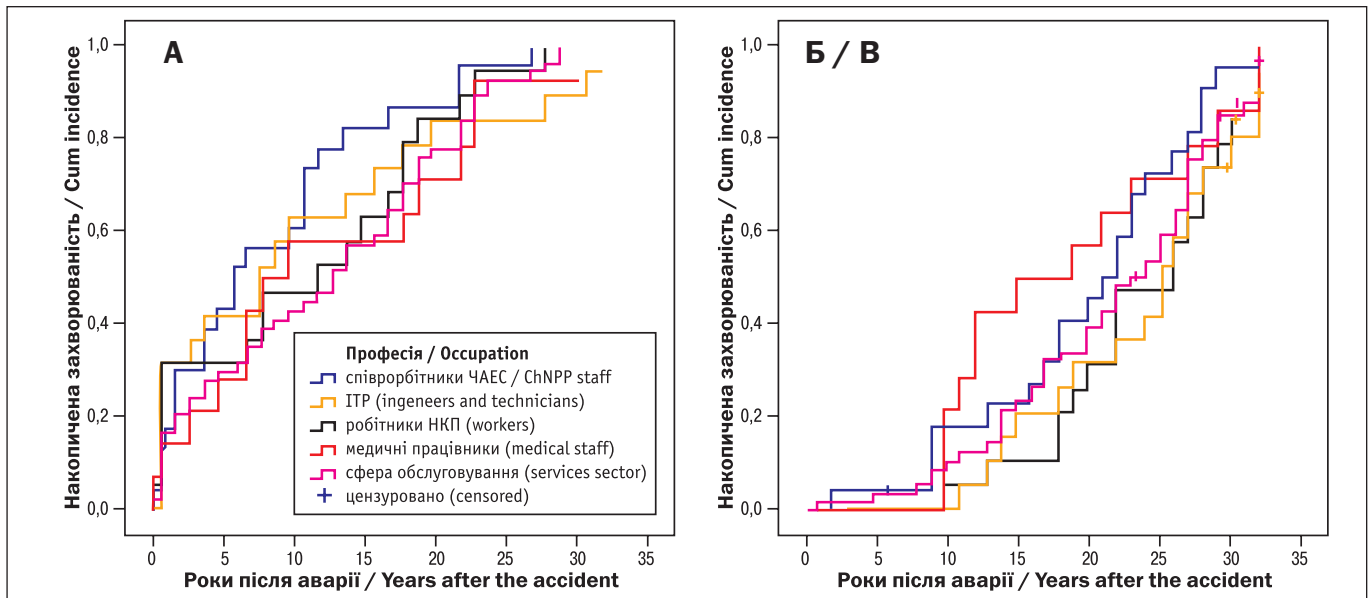


Рисунок 5. Динаміка накопиченої захворюваності на ГХ (А) та ІХС (Б) у жінок-УЛНА після аварійного періоду

Figure 5. Dynamics of NHD (A) and CHD (B) cumulated morbidity in EW-f during the post-accident period

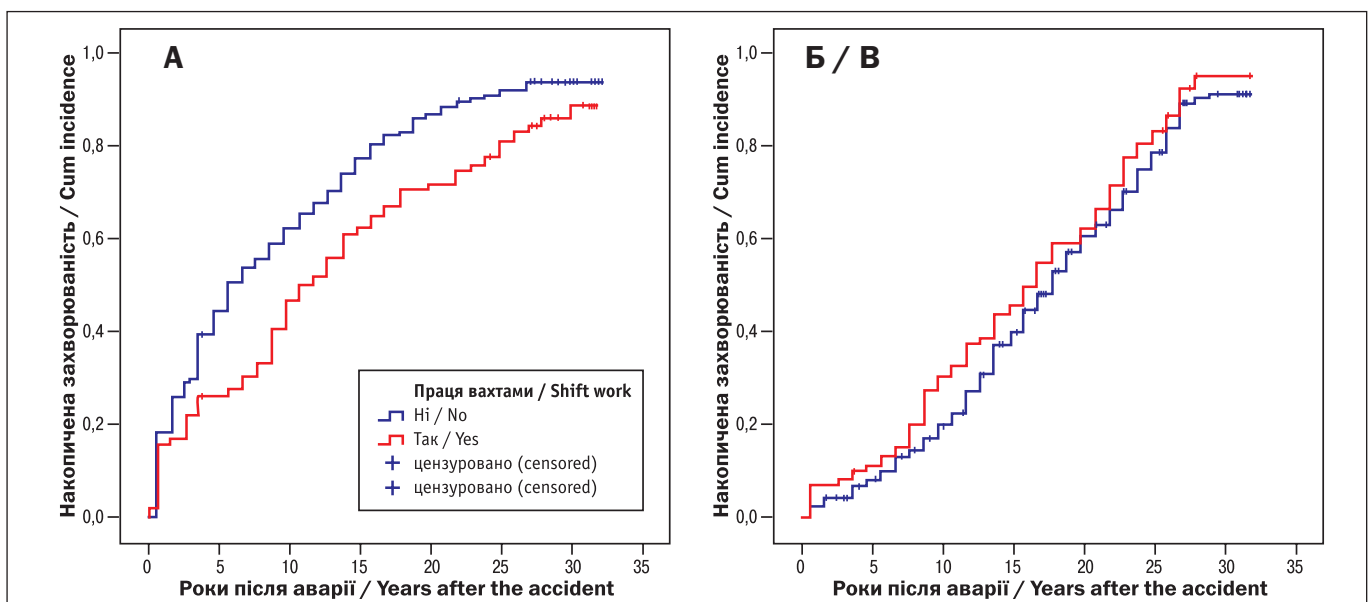


Рисунок 6. Динаміка накопиченої захворюваності на ГХ (А) та ІХС (Б) у чоловіків-УЛНА в післяаварійному періоді залежно від роботи вахтами

Figure 6. Dynamics of NHD (A) and CHD (B) accumulated morbidity in EW-m during the post-accident period depending on presence of the shift work

У чоловіків-УЛНА, які працювали вахтами, ГХ розвивалася повільніше, ніж у тих, хто перебував на ЛНА протягом обмеженого часу (рис. 6А). Причому професія і характер робіт, що виконувались, не мали значення. Медіана виживання, тобто час після аварії, коли захворіли 50 % складу групи, була удвічі довшою в УЛНА, які працювали вахтами (табл. 6). Різницю динаміки двох кривих на рис. 6А підтверджував лог-ранговий тест: $\chi^2 = 12,274$ при $p = 0,000$.

In EW-m who had shift work NHD developed more slowly than those who work for single term (Fig. 6A). Moreover, the occupation and the nature of the work performed had no matter. The median survival, that is the time since the accident till the time, when 50% of the group were ill, was twice as long in the EW who had shift work (Table 6). The difference in the dynamics of the two curves in Fig. 6A confirmed log-rank test: $\chi^2 = 12.274$ at $p = 0.000$.

Порівняння дози зовнішнього опромінення чоловіків-УЛНА, які працювали та не працювали вахтами, показало, що у перших вона була менша: $(30,7 \pm 33,0)$ сГр при $n = 57$ проти $(71,4 \pm 127,2)$ сГр при $n = 163$. Однак відмінності між двома групами не були достовірними: Z Колмогорова-Смирнова становила 1,196 при $p = 0,114$.

Вахтовий метод роботи не був пов'язаний з розвитком ІХС у чоловіків, що підтверджувалося динамікою кривих накопиченої захворюваності на рис. 6Б (лог-ранговий тест: $\chi^2 = 2,192$ при $p = 0,139$) і незначними відмінностями показника медіани виживання (табл. 4).

У жінок-УЛНА візуальні відмінності динаміки кривих накопиченої захворюваності для ГХ і ІХС добре видно на графіках (рис. 7), але лог-ранговий тест не виявив достовірних відмінностей: для ГХ $\chi^2 = 0,924$ при $p = 0,337$, а для ІХС $\chi^2 = 1,676$ при $p = 0,195$.

The dose of external exposure in men who had shift work was lower than in those who worked limited terms without interruption: (30.7 ± 33.0) cGy with $n = 57$ vs (71.4 ± 127.2) cGy with $n = 163$. However, the differences between the two groups were not reliable: Z Kolmogorov-Smirnov was 1.196 at $p = 0.114$.

The shift work was not associated with the development of CHD in men that was confirmed by a dynamics of accumulated morbidity curves on Fig. 6B (log-rank test: $\chi^2 = 2.192$ at $p = 0.139$) and insignificant differences in the median of survival (Table 4).

In EW-f the visual differences in the dynamics of accumulated morbidity curves for HHD and CHD are clearly seen in the graphs (Fig. 7), but the log-rank test revealed no significant differences: for HHD $\chi^2 = 0.924$ at $p = 0.337$, and for CHD $\chi^2 = 1.676$ at $p = 0.195$.

Таблиця 4

Медіана часу виживання (роки після аварії) при розвитку ГХ та ІХС в УЛНА чоловічої та жіночої статі залежно від роботи вахтовим методом

Table 4

Median survival time (years after the accident) of HHD and CHD development in the male and female EW depending on presence of the shift work

Стать Gender	Праця вахтами Shift work	ГХ / HHD		ІХС / CHD	
		медіана \pm стандартна помилка median \pm standard error	95 % ДІ / CI	медіана \pm стандартна помилка median \pm standard error	95 % ДІ / CI
Чоловіки / Men	Так / Yes	10,7 \pm 1,3	8,1–13,3	15,7 \pm 1,3	13,1–18,3
	Ні / No	5,7 \pm 0,7	4,4–7,0	17,7 \pm 0,7	16,4–19,0
Жінки / Women	Так / Yes	7,7 \pm 1,0	5,8–9,6	20,7 \pm 1,3	18,1–23,3
	Ні / No	10,7 \pm 2,3	6,3–15,1	22,7 \pm 1,4	19,9–25,5

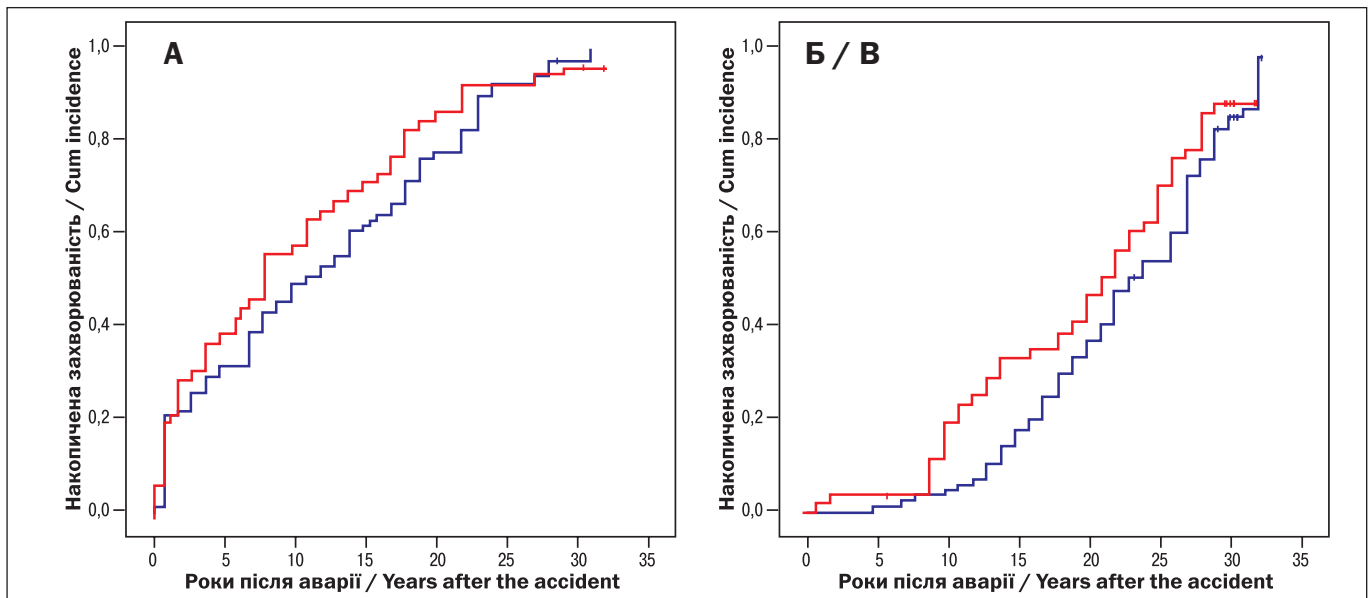


Рисунок 7. Динаміка накопиченої захворюваності на ГХ (А) та ІХС (Б) у жінок-УЛНА в післяаварійному періоді залежно від роботи вахтами (позначки кривих як на рис. 6А)

Figure 7. Dynamics of HHD (A) and CHD (B) accumulated morbidity in EW-f during the post-accident period depending on presence of the shift work (curve markings as in Figure 6A)

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Перше згадування про проблеми, пов'язані з дозиметрією під час ЛНА на ЧАЕС, зробив у своїй доповіді Л. А. Ільїн [9] на науковій конференції, що відбулася в Києві у 1988 році. Не кажучи прямо про можливі помилки у визначенні поглинутих доз зовнішнього опромінення, він наголосив на необхідності забезпечення в майбутньому адекватності показань дозиметричних приладів та уніфікації їхньої шкали вимірювань з урахуванням прийнятої міжнародної системи одиниць, а також відзначив важливість удосконалювання методів ретроспективного відновлення поглинутих доз у тілі людини при зовнішньому і внутрішньому опроміненні. Про очевидний провал дозиметричного моніторингу, особливо на початковому етапі ЛНА, і неповне охоплення ліквідаторів дозиметричним контролем, говориться в роботі [10].

Побічно цей факт підтверджують опубліковані матеріали Комітету державної безпеки Української РСР, з яких випливає, що в колективі працівників станції, які мешкали в піонерському таборі «Казковий» в травні 1986, велися розмови про поганий дозиметричний контроль обслуговуючого персоналу, який виходив на чергування [11].

Через 25 років після аварії на ЧАЕС, узагальнюючи досвід ЛНА, І.А. Ліхтарьов та співавт. [3] повідомляють, що в 1986–1990 рр. в 30-кілометровій зоні працювали чотири великі незалежні дозиметричні служби і кілька менших самостійних служб. Ці служби практикували кардинально різні підходи до оцінки індивідуальних доз УЛНА, через те повнота, якість та надійність їхніх дозиметричних даних суттєво відрізнялась. Але гіршим за все було те, що велика частина аварійних робітників зовсім не мала даних про поглинуту дозу зовнішнього опромінення. В нашому випадку тільки у 238 УЛНА-ч (49,3 %) та 41 УЛНА-ж (30,6 %) були документовані дози опромінення. Дозові навантаження в УЛНА не підпорядковувалися закону нормального розподілу і коливалися у чоловіків від 0,1 до 710, а у жінок – від 0,1 до 120 сГр. Такий розкид величин поглинутих доз був обумовлений тим, що люди, навіть якщо вони належали до однієї і тієї ж професійної групи, могли бути задіяні в ЛНА у різні часові періоди і на різні терміни.

Проте не слід виключати й помилки дозиметрії. За даними Л. А. Ільїна і співавт. [12], близько 60 % значень індивідуальних доз γ -випромінювання у російських УЛНА 1986 року на підставі офіційних даних різних міністерств і відомств, є невірними, особливо, якщо виходять зі служб міністерства оборони Радянського Союзу.

DISCUSSION

The first mention of the problems associated with dosimetry during the emergency works at the ChNPP was made in his report L.A. Ilyin [9] at the scientific conference held in Kyiv in 1988. Not to mention directly possible mistakes in determining the absorbed dose of external radiation, he stressed the need to ensure the adequacy of dosimetric devices measurement capability for the future and unification of their scale of measurement, taking into account the accepted international system of units, and also noted the importance of improving the methods of retrospective recovery of absorbed doses of external and internal irradiation by human body. The apparent failure of dosimetric monitoring, especially at the initial stage emergency work, and the incomplete coverage of EW by dosimetric control, is stated in the paper [10].

Indirectly, this fact is confirmed by the published materials of the State Security Committee of the Ukrainian SSR, from which it follows that ChNPP staff, who lived in the pioneer camp «Skazochnoe» at May 1986, carried on the conversations about poor dosimetric control of the service personnel going on duty [11].

In 25 years after the Chernobyl accident, summarizing the experience of emergency works, I. Lichtariev et al. [3] report that in 1986–1990, four large and several smaller independent dosimetric services worked in the 30-km zone. These services practiced fundamentally different approaches to the assessment of individual doses in EW, therefore the completeness, quality and reliability of their dosimetric data significantly differed. But the worst thing was that most of the EW had no data at all about their absorbed dose of external radiation. In our case, only 238 EW-m (49.3 %) and 41 EW-f (30.6 %) had documented radiation doses. Dose values in EW did not obey the law of normal distribution and ranged in men from 0.1 to 710, and in women from 0.1 to 120 cGy. Such spread of absorbed dose rates was due to the fact that people, even if they belonged to the same professional group, could be involved in EW at different terms and for different duration.

However, dosimetry errors should not be excluded. According to L.A. Ilyin et al. [12] about 60 % of individual dose values of γ -radiation in the Russian EW worked in 1986, based on official data from various ministries and departments, are incorrect, especially if they come from the services of the Soviet Union Ministry of Defense.

Для не кількісної оцінки ступеня радіаційного впливу на УЛНА автори роботи [2] рекомендували керуватися такими ознаками, як період участі в ЛНА, локалізація робочих місць з урахуванням ступеня радіаційної небезпеки, характеристики умов праці та робіт, що виконувалися, відомчу належність УЛНА. Із цих рекомендацій важким для здійснення пунктом була локалізація робочих місць і характеристика умов праці, оскільки більшість УЛНА не могла пригадати точні маршрути пересування (наприклад, водії, як правило, могли назвати тільки початковий і кінцевий пункт перевезення вантажів і людей, евакуації мешканців певних населених пунктів).

Професійна належність УЛНА в більшості випадків обумовлювала час і місце виконання аварійних робіт, особливо це стосувалося представників силових структур, які несли службу на ЧАЕС і в Прип'яті у квітні-травні 1986 року. До цієї категорії УЛНА входили люди молодшого віку, що було закономірним явищем, тому що ці службовці виконували переважно фізичну роботу (охорона території станції в спецкостюмах і зі зброєю, гасіння пожежі, тривале патрулювання вулиць Прип'яті тощо), яку недоцільно було доручати особам старших вікових груп.

Представники жіночої статі, за винятком 9 осіб (12,0 %), які займалися дезактивацією території станції та навантаженням піску в гелікоптери, виконували легку або середньої тяжкості фізичну роботу, причому 47 % від загальної чисельності УЛНА-ж пізніше травня 1986 року. Це відбилося на середніх величинах поглинутих доз, які навіть за наявності помилки були в УЛНА-ж меншими, ніж у чоловіків: $(22,1 \pm 22,2)$ проти $(66,9 \pm 116,1)$ сГр.

ВИСНОВКИ

Для більш точної оцінки радіаційного впливу на серцево-судинну систему осіб, які брали участь в ЛНА на ЧАЕС, слід не обмежуватися тільки порівнянням ефектів з неопроміненим населенням, але брати до уваги професійну належність УЛНА, терміни перебування в зоні аварії і характер праці.

Чоловіки-УЛНА всіх професій перебували в зоні ризику розвитку ССЗ, причому достовірний зв'язок розвитку ГХ відзначено зі службою в силових структурах, з ІХС – з інженерно-технічною професією і роботою будівельника, а з ІМ – з професією водія.

Ризик розвитку ГХ в перші 10 років після аварії був в 4,6 раза вищим у службовців МВС, ВВ і РА,

For the non-quantitative assessment of the radiation exposure severity degree on the EW the authors of the paper [2] recommended to be guided by such features as the period of participation in emergency work, the location of workplaces and taking into account the degree of radiation hazard, characteristics of working conditions and performed work, departmental affiliation of EW. From these recommendations the difficult place to implement was the location of jobs and the description of working conditions, as most EW could not remember the exact routes of movement (for example, drivers, as a rule, could name only the initial and final point of goods and people transportation, evacuation of inhabitants from certain inhabited items).

The EW professional membership in most cases predetermined the time and place of emergency works execution, especially this was the case for officers of MIA, SA and IT who served at the Chernobyl NPP and in Prypiat in April-May 1986. This category of EW included people of a younger age, what was a natural phenomenon because these employees performed mainly physical work (protection of the NPP territory in special suits and having weapons, fire extinguishing, prolonged patrolling of Prypiat streets, etc.), which was impractical to entrust to senior EW.

Women with the exception of 9 people (12.0 %) who were engaged in decontamination of the NPP territory and loading of sand into helicopters, performed light or medium physical work, and 47% of the total number of EW-f later May, 1986. This was reflected in the average values of absorbed doses, which even if they are a mistakable were less in the women than in the men: (22.1 ± 22.2) versus (66.9 ± 116.1) cGy.

CONCLUSIONS

For more accurately assess the radiation effects on the cardiovascular system of persons who took part in the emergency works at the ChNPP, it should not be limited by comparing the effects of unexposed populations, but to take into account the EW professional affiliation, the terms of stay in the accident area and the nature of performed work.

The EW-m of all occupations were in the risk zone of cardiovascular diseases, and the reliable link of HHD development was found with service in the MIA, SA and IT, CHD with the profession of engineer and technician, and builder, and MI with the driver occupation.

The risk of HHD development during the first 10 years after the accident was 4.6 times higher among

які працювали в м. Прип'ять і/або на ЧАЕС звичайним (невахтовим) методом, порівняно з особами інших професій та умов праці. Ризик розвитку ІХС в перші 15 років був в 8,2 раза вищим у ІТР, які працювали в 30-км зоні, в порівнянні з іншими УЛНА, а ІМ впродовж всього періоду спостереження – в 6,4 раза вищим у водіїв-УЛНА, які працювали в 30-км зоні вахтовим методом.

У жінок-УЛНА ризик розвитку ГХ в перші 10 років після аварії був в 2,1 раза нижчим у тих, хто працював у сфері обслуговування (працівники кухні, торгівлі, економісти і бухгалтери, зв'язківці тощо), порівняно з представницями будь-якої іншої професії, а ІХС в перші 15 років після аварії – вищим у лікарів і медичних сестер та УЛНА інших професійних категорій, які працювали вахтовим методом. Жінки, які працювали вахтовим методом мали в 4,8 раза вищий ризик розвитку ІМ, ніж ті хто працював певний термін з наступним виведенням із зони аварії.

ФІНАНСУВАННЯ ПРОЕКТУ

Робота виконана за фінансової підтримки Національної академії медичних наук України, номер державної реєстрації НДР 0116U003576.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ярмоненко С. П. Радиобиология человека и животных / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон. М. : Высшая школа, 2004. 549 с.
2. Чумак В. В., Лихтарев И. А., Репин В. С. Дозы облучения участников ликвидации последствий аварии. Чернобыльская катастрофа / под ред. В. Г. Бар'яхтара. К. : Наукова думка, 1995. С. 393–396.
3. Дози опромінення / І. А. Ліхтарьов, Л. М. Ковган, В. В. Чумак та ін. *Медичні наслідки Чорнобильської катастрофи: 1986-2011* / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. Тернопіль : ТДМУ, 2011. С. 35–64.
4. Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group «Health». In: V. Bennett, M. Repacholi, Z. Carr, editors. Geneva : World Health Organization, 2006. 160 p.
5. Нягу А. И., Логановский К. Н. Нейропсихиатрические эффекты ионизирующих излучений. К. : Друкарня Агенства «Чернобыльінтернформ», 1998. 350 с.
6. Петин В. Г., Держачева И. П., Жураковская Г. П. Комбинированное биологическое действие ионизирующих излучений и других вредных факторов окружающей среды (научный обзор). *Радиация и риск*. 2001. Вып. 12. С. 117–134.
7. Серцево-судинні захворювання. Класифікація, стандарти діагностики та лікування / за ред. В. М. Коваленка, М. І. Лутая, Ю. М. Сіренка, О. С. Сичова. К. : МОПОН, 2016. 192 с.

the officers of the MIA, SA and IT, who stood in Prypiat and/or at ChNPP and had usual (not shift) work in comparison with persons of other occupations and working conditions. The risk of CHD during the first 15 years was 8.2 times higher in the engineers and technicians, which worked in the 30-km zone, compared with other EW, and the risk of MI throughout the observation period was 6.4 times higher in the EW drivers, who had shift work in the 30-km zone.

In EW-f the risk of HHD developing during the first 10 years after the accident was 2.1 times lower than those who worked in the service sector (kitchen, trade, economists and accountants, communications, etc.) compared with the representatives of any other profession, and the risk of CHD developing during the first 15 years after the accident was higher in medical staff and EW of other occupational categories that had shift work. Women who worked with shifts had a 4.8-fold higher risk of MI developing than those who had limited terms of work with the subsequent withdrawal from the accident area.

FUNDING

The research was carried out with the financial support of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, the state registration #0116U003576.

REFERENCES

1. Yarmonenko SP, Vaynson AA. [Radiobiology of humans and animals]. Moscow: Vysshaya shkola; 2004. 549 p. Russian.
2. Chumak W, Lihtarev IA, Repyn VS. [Doses of irradiation for clean-up workers of the accident]. In: Bar'yaxtar VG, editor. [Chornobyl catastrophe]. Kyiv: Naukova dumka; 1995. p. 393-96. Russian.
3. Lihtarov IA, Kovgan LM, Chumak W, Nechaev SYu, Vasylenko W, Tsigankov MYa. [Doses of irradiation]. In: Serdyuk AM, Bebeshko VG, Bazyka DA, editors. [Medical consequences of Chornobyl catastrophe]. Ternopil: TDMU; 2011. p. 35-64. Ukrainian.
4. Bennett B, Repacholi M, Carr Z, editors. Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group «Health». Geneva: World Health Organization; 2006. 160 p.
5. Nyagu AI, Loganovskiy KN. [Neuropsychiatric effects of ionizing radiation]. Kyiv: Drukarnya Agenstva «Chornobilinterninform»; 1998. 350 p. Russian
6. Petin VG, Dergacheva IP, Zhurakovskaya GP. [Combined biological effect of ionizing radiation and other hazardous environmental factors (scientific review)]. *Radiatsiya i risk*. 2001;12:117-34. Russian.
7. Kovalenko VM, Lutay MI, Sirenko YuM, Sychov OS, editors. [Cardiovascular disease. Classification, standards of diagnosis and treatment]. Kyiv: MORION; 2016. 192 p. Ukrainian.

8. Бар'яхтар В. Г. Оценка масштабов катастрофы. *Чернобыльская катастрофа* / под ред. В. Г. Бар'яхтара. К. : Наук. думка, 1995. С. 19–44.
9. Ильин Л.А. Опыт работы по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в решении современных проблем радиационной защиты. *Медицинские аспекты аварии на Чернобыльской атомной электростанции : материалы научной конференции, 11-13 мая 1988 г., Киев*. Київ : Здоров'я, 1988. С. 31–42.
10. Дозиметрия ликвидаторов через 14 лет после Чернобыльской аварии: проблемы и достижения / В. В. Чумак, Е. В. Баханова, Н. В. Мусияченко и др. *Международный журнал радиационной медицины*. 2000. Т. 1, № 5. С. 26–45.
11. Записка по «ВЧ» про реакцію співробітників ЧАЕС та населення Київщини на протирадіаційні заходи у післяаварійний період. *Чорнобильське дос'є КГБ. Суспільні настрої. ЧАЕС у поставарійний період. Збірник документів про катастрофу на Чорнобильській АЕС*. Київ : «Майстер книг», 2019. С. 36. URL: <https://uinp.gov.ua/pres-centr/novyny/yak-otrymaty-zbirnyk-dokumentiv-chornobylske-dosye-kgb-suspilni-nastroyi-chaes-u-postavariynyy-period>.
12. Ильин Л. А., Крючков В. П., Осанов Д. П., Павлов Д. А. Уровни облучения участников ликвидации последствий Чернобыльской аварии в 1986–1987 гг. и верификации дозиметрических данных. *Радиобиология*. 1995. Т. 35, вып. 6. С. 803–828.
8. Bar'yaxtar VG. [Assessment of catastrophe scale]. In: Bar'yaxtar VG, editor. [*Chernobyl catastrophe*]. Kiev: Naukova dumka; 1995. p. 19-44. Russian.
9. Ilyin LA. [Experience in solving modern problems of radiation protection based on elimination of consequences after the accident at the Chernobyl nuclear power plant]. In: [*Medical aspects of the accident at the Chernobyl nuclear power plant: Proceedings of the scientific conference; 1988 May 11-13; Kyiv, USSR*]. p. 31-42. Russian.
10. Chumak W, Bahanova EV, Musiyachenko NV, Sholom SV, Pasalskaya LF. Dosimetry of liquidators in 14 years after the Chernobyl accident: problems and accomplishments. *International Journal of Radiation Medicine*. 2000;1(5):26-45.
11. [A note on «HF» on the reaction of ChNPP employees and the population of Kyiv region to anti-radiation measures in the post-accident period / *Chornobyl record of the KGB. Public Sentiment. ChNPP in the post-accidental period. Collection of documents on the catastrophe at the Chernobyl NPP*]. Kyiv: Mayster knygy; 2019. p. 36. Ukrainian–Russian (Available from : <https://uinp.gov.ua/pres-centr/novyny/yak-otrymaty-zbirnyk-dokumentiv-chornobylske-dosye-kgb-suspilni-nastroyi-chaes-u-postavariynyy-period>).
12. Iliin LA, Kryuchkov VP, Osanov DP, Pavlov D.A. [The irradiation levels of the participants in the cleanup of the aftermath of the Chernobyl accident in 1986–1987 and the verification of the dosimetric data]. *Radiatsionnaia biologii, radioecologia / Rossiiskaia akademiia nauk*. 1995;35(6):803-28. Russian.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Білий Давид Олександрович – доктор медичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділення кардіології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ

Настіна Олена Михайлівна – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник відділення кардіології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ

Сидоренко Геннадій Васильович – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, відділення кардіології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ

Курсіна Наталія Вікторівна – кандидат медичних наук, науковий співробітник відділення кардіології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ

Базика Олександр Дмитрович – молодший науковий співробітник відділення кардіології, Інститут клінічної радіології, ННЦРМ, м. Київ

Габулавичене Жанна Михайлівна – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділення кардіології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ

Ковальов Олександр Сергійович – кандидат медичних наук, завідувач відділення радіаційної кардіології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Davyd O. Belyi – Doctor of Medical Sciences, Head of the Cardiology Department, Institute of Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Olena M. Nastina – candidate of medical sciences, senior researcher, Department of Cardiology, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Gennadii V. Sydorenko – Candidate of Medical Sciences, Senior Research Associate, Cardiology Department, Institute of Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Nataliya V. Kursina – Candidate of Medical Sciences, Cardiology Department, Institute of Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Oleksandr D. Bazyka – Junior Research Fellow, Cardiology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Zhanna M. Gabulavichene – Candidate of Medical Sciences, senior researcher, Department of Cardiology, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine

Oleksandr S. Kovaliov – Candidate of Medical Sciences, Chief of the Unit of Radiation Cardiology, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine