

УДК 616.223:616-001.28

В. О. Сушко¹✉, Л. І. Швайко¹, К. Д. Бази́ка¹, О. В. Апосто́лова², О. О. Колосинська¹¹Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, Київ, 04050, Україна²Комунальне некомерційне підприємство «Олександрівська клінічна лікарня м. Києва», вул. Шовковична, 39/1, Київ, 01601, Україна

УРАЖЕННЯ БРОНХОЛЕГЕНЕВОЇ СИСТЕМИ ВНАСЛІДОК ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ОПРОМІНЕННЯ ТА ІНГАЛЯЦІЙНОГО НАДХОДЖЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ В УМОВАХ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ (УЗАГАЛЬНЕННЯ ДОСВІДУ 35 РОКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ)

Огляд присвячений узагальненню 35 років досліджень впливу іонізуючого опромінення та інгаляційного надходження радіонуклідів на бронхолегеневу систему учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС. Розглянуті радіаційно-гігієнічні передумови формування хронічної респіраторної патології з урахуванням дозиметричних даних опромінення бронхолегеневої системи.

Визначені основна клінічна симптоматика, особливості порушень вентиляційної спроможності легень та ендоскопічні форми ураження бронхолегеневої системи учасників ліквідації аварії.

На основі патоморфологічних, мікробіологічних та імунологічних досліджень доведено патоморфоз хронічних неспецифічних захворювань легень в умовах Чорнобильської катастрофи.

Доведено, що при комбінованому впливі зовнішнього опромінення та інгаляції осколкової суміші радіонуклідів в умовах Чорнобильської катастрофи бронхолегенева система стала однією з основних тканин-«мішеней» реалізації стохастичних і нестохастичних ефектів.

Ключові слова: бронхолегенева система, аварія на Чорнобильській АЕС, вплив іонізуючого опромінення, інгаляційне надходження радіонуклідів, патоморфоз захворювань.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2021. Вип. 26. С. 98–123. doi: 10.33145/2304-8336-2021-26-98-123

✉ Сушко Віктор Олександрович, e-mail: pulmorad@gmail.com

V. O. Sushko¹✉, L. I. Shvaiko¹, K. D. Bazyka¹, O. V. Apostolova², O. O. Kolosynska¹

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

²Municipal non-profit enterprise «Oleksandrivska Clinical Hospital of Kyiv», Shovkovychna Str., 39/1, Kyiv, 01601, Ukraine

THE BRONCHOPULMONARY SYSTEM DAMAGE UNDER THE INFLUENCE OF IONIZING RADIATION EXPOSURE AND RADIONUCLIDES INHALATION IN THE CONDITIONS OF THE CHORNOBYL CATASTROPHE (SUMMARIZING OF 35 YEARS RESEARCH EXPERIENCE)

The review is devoted to the summarizing of 35 years of research of ionizing radiation exposure and radionuclides inhalation influence on the bronchopulmonary system of clean-up workers of the Chernobyl NPP accident. Radiation and hygienic preconditions for the formation of chronic respiratory pathology are considered, taking into account the dosimetric data of irradiation of the bronchopulmonary system.

The main clinical symptoms, features of disorders of pulmonary ventilation capacity and endoscopic forms of lesions of the bronchopulmonary system of participants in the liquidation of the accident were determined.

On the basis of pathomorphological, microbiological and immunological researches the pathomorphosis of chronic nonspecific lung diseases in the conditions of the Chernobyl catastrophe is proved.

It is proved that under combined influence of external irradiation and inhalation of a fragmentary mixture of radionuclides in the condition of the Chernobyl catastrophe, the bronchopulmonary system has become one of the main «targets»-tissues, of realization of stochastic and nonstochastic effects.

Key words: bronchopulmonary system, Chernobyl accident, influence of ionizing radiation, inhalation of radionuclides, pathomorphosis of diseases.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2021;26:98-123. doi: 10.33145/2304-8336-2021-26-98-123

Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС у навколишнє середовище потрапила велика кількість радіоактивних речовин, які розповсюдились повітряно-пиловими потоками, що спричинили зовнішнє і внутрішнє опромінення, у першу чергу – інгаляційним шляхом, великих контингентів населення [1–5]. За різними оцінками, інгаляційної дії радіонуклідів зазнали щонайменше 200 000 постраждалих різних категорій. З них найбільш ураженою та однією з найчисельніших категорій є учасники ліквідації наслідків аварії (ЛНА), особливо ті з них, хто був причетний до післяаварійних робіт у квітні–травні 1986 року, а також протягом усього періоду до завершення будівництва об'єкту «Укриття» в грудні 1986 року – навесні 1987 року [1–5].

За таких умов інгаляція радіонуклідів через легені була одним із основних шляхів їх надходження в організм учасників ЛНА на ЧАЕС, котрі працювали в 30-кілометровій зоні навколо станції. Різноманітність спектру радіоактивних ізотопів, зокрема тих, що входять до складу «гарячих частинок», обумовлює труднощі прогнозування віддалених радіаційних наслідків [5–7].

As a result of the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) accident, a large amount of radioactive substances were released into the environment by air and dust flows and caused external and internal radiation (primarily by inhalation) to large contingents of the population [1–5]. At least 200,000 victims of various categories were affected. The most affected and one of the most numerous of them were clean-up workers, especially those, who were involved in the post-accidental work in April-May 1986, and throughout the period before completion of the Shelter Object in spring, Shelter Object in December 1986 – spring 1987 [1–5].

Radionuclides inhalation through the lungs was one of the main ways of their entry into the body in clean-up workers of the (ChNPP) accident, who worked in the 30-kilometer zone around the station. The diversity of radioactive isotopes spectrum, especially so called «hot particles», makes it difficult to predict the long-term radiation effects [5–7].

✉ Viktor O. Sushko, e-mail: pulmorad@gmail.com

Важливим фактором, що впливає на дозиметричні характеристики аерозолу, є розподіл його активності за розмірами частинок, який визначається величиною активного медіанного аеродинамічного діаметру в мікрометрах. Відповідно до легеневої моделі оцінки дози опромінення на легені, W. J. Bair [8] припускає незначне відкладення для частинок з розміром понад 8 мкм в зоні зі швидким кліренсом (ціліарна частина дихальних шляхів), бо відкладення таких частинок збільшується в екстраторакальній ділянці. Частинки розміром більше 15 мкм не проникають до неціліарної частини дихальних шляхів, а при аеродинамічному медіанному діаметрі до 2 мкм депонуються винятково у внутрішньолегеневих бронхах. Частинки розмірами 0,08–0,1 мкм накопичуються в локусах, позбавлених війок. Крім того, є підстави вважати, що невелика фракція інгальованого радіоактивного матеріалу затримується у слизовій оболонці дихальних шляхів [8–11].

На даному етапі, з позицій опромінення бронхолегеневої системи людини, найбільше значення мали ^{131}I , ^{106}Ru , ^{144}Ce . Основний же внесок у дозу на легені належить Ru (55%), Np (20%) і Ce (до 10%) [2–5, 10, 11]. Це й визначало розвиток стохастичних і нестохастичних ефектів іонізуючого опромінення щодо бронхолегеневої системи в учасників ЛНА [10–16].

Однією з особливостей аварії на Чорнобильській АЕС є викид у навколишнє середовище не лише продуктів поділу, а й власне ядерного палива (^{238}U , збагаченого ^{235}U), радіонуклідів наведеної активності. При цьому радіоактивність у повітрі знаходилася як в газоподібному, іонно-молекулярному вигляді, так і у вигляді радіоактивного аерозолу («гарячих частинок») [2, 3, 5–7]. Останній утворився двома шляхами: в результаті вибуху реактора та наступного його розігріву, горіння і випарів палива, конструкційних матеріалів і речовин, що застосовувалися при гасінні пожежі (тверді «гарячі частинки»), й осадження та конденсації викинутих в атмосферу радіонуклідів на випарюваннях води, природних й антропогенних аерозолях (рідкі «гарячі частинки») [17].

Докладніший аналіз доз, котрі формуються від внутрішнього опромінення, виконаний в Інституті біофізики МОЗ СРСР [2, 3, 17, 18], показує, що останнє стосовно людей у 30-км зоні навколо ЧАЕС зумовлене виключно інгаляцією аерозолів. З отриманих результатів витікає ряд висновків, прийнятих щодо професіоналів і постраждалого населення. Вони частково збігаються з висновками попередньої роботи, а саме: 1) значення доз опромінення, сформованих за рахунок інгаляції, отримані без ураху-

Dosimetric characteristics of the aerosol is influenced by the distribution of its activity by particle size, which is determined by the value of the active median aerodynamic diameter in micrometers. According to the pulmonary model of lung radiation dose estimation, W.J. Bair [8] suggests a slight deposition for particles larger than 8 μm in the area with rapid clearance (ciliary part of the airways), because the deposition of such particles increases in the extrathoracic region. Particles larger than 15 μm do not penetrate the non-ciliary part of the airways, and at an aerodynamic median diameter of up to 2 μm are deposited exclusively in the intrapulmonary bronchi. Particles 0.08–0.1 μm in size accumulate in loci devoid of cilia. In addition, it could be that a small fraction of inhaled radioactive material is retained in the the respiratory tract mucous membrane [8, 9, 10, 11].

The most important radionuclides in human bronchopulmonary system irradiation, were ^{131}I , ^{106}Ru , ^{144}Ce . The main contribution to the lung dose belongs to Ru (55%), Np (20%) and Ce (up to 10%) [2–5, 10, 11]. Stochastic and non-stochastic effects of ionizing radiation in the bronchopulmonary system in clean-up workers were caused by these particles [10–16].

In case of Chernobyl accident not only the fission products were released into the environment, but also nuclear fuel (^{238}U , enriched with ^{235}U), radionuclides of induced activity. The radioactivity in the air was in gaseous, ionic-molecular form, and in radioactive aerosol («hot particles») [2, 3, 5–7]. The radioactive aerosol was formed in two ways: as a result of the reactor explosion and its subsequent heating, combustion and evaporation of fuel, structural materials and substances used in firefighting (solid «hot particles»), and deposition and condensation of radionuclides released into the atmosphere by water evaporation, natural and anthropogenic aerosols (liquid «hot particles») [17].

A more detailed analysis of the doses generated by internal irradiation, was performed at the Institute of Biophysics of the USSR Ministry of Health [2, 3, 17, 18], showed that for humans in the 30-km zone around Chernobyl was formed only by aerosol inhalation. The obtained results lead to a number of conclusions acceptable to professionals and the affected population, namely: 1) the values of radiation doses generated by inhalation, obtained with exclusion of effects of

вання впливу багатьох короткодіючих радіонуклідів; 2) внутрішнє опромінення всіх органів і тканин (за винятком кісткової тканини і червоного кісткового мозку) шляхом інгаляції суміші радіонуклідів, реалізується практично повністю протягом першого року після аварії; 3) внутрішнє опромінення органів дихання в подальші роки майже цілком визначається трансурановими елементами.

Сумарна еквівалентна доза опромінення легеневої тканини тільки за рахунок інгаляційного надходження радіонуклідів в перший рік після аварії на Чорнобильській АЕС в середньому для професіоналів складає – 0,084 Зв (8,4 Бер), для населення – 0,026 Зв (2,6 Бер). Аналіз функції зміни інтегрального енерговиділення в паливі реактора РБМК – 1000 за термін витримки від 1 години до 10 діб показує, що воно зменшується приблизно в 5 разів (сумарно за випромінюванням). Імовірно, приблизно таку саму кратність можна прийняти для оцінки максимальної дози за перший рік після аварії щодо легеневої тканини.

Сумарна середня доза, отримана легеневою тканиною від зовнішнього та внутрішнього опромінення, для професіоналів за перший рік після аварії склала 0,284 Зв (1,9 ПДД), а внесок внутрішнього опромінення в сумарне – близько 13 %. Протягом 50 років професіонали та населення тільки за рахунок внутрішнього опромінення легеневої тканини отримують дози відповідно 0,1 Зв і 0,035 Зв. З урахуванням того, що аерозолі деяких нуклідів були представлені у вигляді двох фракцій, розрахунок їх надходження і доз виконаний для частинок з активним медіанним діаметром 1 та 10 мкм. Отримані значення доз мало залежали від дисперсності аерозолів, що дозволило прийняти усереднені оцінки. Однак, розміри частинок визначають розподіл останніх в дихальних шляхах [19, 20].

Коллективом авторів, з використанням експертного лічильника випромінювання людини, документовано наявність інкорпорації «гарячих частинок» до легеневої тканини у 10 учасників ЛНА першого періоду [21], а при гістоавторадіографії ендобронхіальних бронхіоптатів за допомогою фоточутливих емульсій верифіковані «треки», що розташовувалися над епітелієм і власною пластинкою слизової оболонки. Наявність в матеріалі одного й того ж самого бронхіоптата різних видів радіоавтографів підтверджує присутність неоднорідної суміші радіонуклідів [22].

У повідомленнях О. Г. Чучаліна та співавт. [15–17, 23, 24] представлені цитологічна, ультраструктурна характеристика і рентгеноспектральний мікроа-

many short-acting radionuclides; 2) internal irradiation of all organs and tissues (except for bone tissue and red bone marrow) by inhalation of radionuclides mixture, is realized almost completely during the first year after the accident; 3) internal irradiation of the respiratory system in subsequent years is almost entirely determined by transuranic elements.

The total equivalent dose of lung tissue irradiation only due to the radionuclides inhalation in the first year after the Chernobyl accident in an average is 0.084 Sv (8.4 rem) for professionals and 0.026 Sv (2.6 rem) for the population. Analysis of the function of changes in the integrated energy release in the fuel of the reactor RBMK – 1000 for a period of exposure from 1 hour to 10 days shows that it decreases by about 5 times (total radiation). Approximately the same multiplicity can probably be used to estimate the maximum dose in the first year after a lung tissue accident.

The total average dose for lung tissue from external and internal irradiation for professionals was 0.284 Sv (1.9 SDA) in the first year after the accident and the contribution of internal radiation was about 13% to the total. For 50 years, professionals and the public will receive doses of 0.1 Sv and 0.035 Sv, respectively, only due to internal irradiation of lung tissue. The aerosols of some nuclides were presented in two fractions; the calculation of their intake and doses was performed for particles with an active median diameter of 1 and 10 μm . The obtained dose values did not depend much on the dispersion of aerosols, which allowed to accept the average estimations. However, the particle size determines the distribution in the airways [19, 20].

The team of authors, using an expert whole body counter, documented the presence of «hot particles» incorporation into lung tissue in 10 clean-up workers of the first period [21] and in histoautoradiography of endobronchial bronchiopates by means of photosensitive emulsions verified «tracks» located above the epithelium and the mucous membrane own plate. The presence of different types of radioautographs in the material of the same bronchiobiosy confirms the presence of an inhomogeneous mixture of radionuclides [22].

In the reports of O.G. Chuchalin, O.M. Grobova, V.P. Chernikov et al. [15–17, 23, 24] the cytological, ultrastructural characteristics and X-ray spectral

наліз альвеолярних макрофагів бронхоальвеолярних змивів від ліквідаторів у віддалені терміни після аварії на ЧАЕС. Дослідники звернули увагу на оптично щільні великі гранули (0,5–1,0 мкм у діаметрі) в цитоплазмі альвеолярних макрофагів. Застосований метод трансмісійної мікроскопії дозволив розшифрувати хімічний склад елементів, що входять у фаголізосоми. Серед цих елементів знайшли такі радіонукліди, як плутоній, цезій, америцій, церій, цирконій і ряд інших. Церію та цирконію надають особливого значення, тому що металоконструкції атомної електростанції побудовані з їх використанням. Особливою знахідкою є виявлення ізотопу ^{137}Cs в легеневій пухлині через 6 років після участі в роботах з ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС. Виявлення цих хімічних елементів у фаголізосомах та пухлині легень може розглядатися як біомаркер присутності в умовах інгаляційного надходження радіонуклідів у умовах аварії на ЧАЕС. У 91 % спостережень цієї групи авторів був виявлений плутоній, що, мабуть, також може бути віднесено до біомаркерів присутності; особливо важливе значення при цьому має присутність церію і цирконію [15–17, 23, 24].

Заслужує уваги також повідомлення щодо виявлення та ідентифікації «гарячих частинок» в аутопсійній тканині легень двох чоловіків (27 і 25 років), які брали участь в ЛНА на ЧАЕС у 1986 р. шляхом комбінованого застосування морфологічних і фізико-хімічних методів дослідження (гамма-спектрометрія, гістоауторадіографія, растрова електронна мікроскопія, рентгенівський мікроаналіз) [25]. Смерть хворих настала через 1 і 2,5 року внаслідок крововиливу у мозок і гострого лейкозу.

Параметри опромінення бронхіальної системи і всього організму людей, які постраждали в результаті аварії на Чорнобильській АЕС, вказують на надзвичайну нерівномірність часового та просторового розподілу поглинутих і ефективних еквівалентних доз при низьких значеннях дозового навантаження в цілому. Це справедливо і щодо змін фізико-хімічного складу суміші інгальованих радіонуклідів в різні терміни після аварії та стосовно можливості віднесення дози до діапазону малих або низьких при орієнтації суто на показники зовнішнього опромінення [2–4, 10, 11, 18].

МКРЗ відзначила цілий ряд біологічних ефектів у легенях експериментальних тварин після відкладення в них радіонуклідів під час інгаляції. До їх числа входили: радіаційний пневмоніт, фіброз ле-

microanalysis of alveolar macrophages of bronchoalveolar lavage from clean-up workers in the long term period after the Chernobyl accident was presented. The researchers noticed optically dense large granules (0.5–1.0 μm in diameter) in the cytoplasm of alveolar macrophages. The applied method of transmission microscopy allowed to decipher the chemical composition of the elements of the phagolysosomes. Among these elements were found such radionuclides as plutonium, cesium, americium, cerium, zirconium and a number of others. Cerium and zirconium are of special importance because the metal structures of a nuclear power plant are built using them. A separate finding is the detection of the ^{137}Cs isotope in a lung tumor 6 years after participating in work to eliminate the consequences of the Chernobyl accident. Detection of these chemical elements in phagolysosomes and lung tumors can be considered as a biomarker of presence in the conditions of radionuclides inhalation in the conditions of the Chernobyl accident. Plutonium was detected in 91% of observations of this group of authors, which, apparently, can also be attributed to biomarkers of presence; the presence of cerium and zirconium is especially important [15–17, 23, 24].

Also noteworthy is the report on the detection and identification of «hot particles» in the lung tissue of 2 men. (27 and 25 years), in clean-up workers of Chernobyl accident in 1986 through the combined use of morphological and physicochemical research methods (gamma spectrometry, histoautoradiography, scanning electron microscopy, X-ray microanalysis) [25]. Deaths occurred after 1 and 2.5 years due to cerebral hemorrhage and acute leukemia.

Irradiation parameters of the bronchial system and the whole body of people affected by the Chernobyl accident indicate an extremely uneven temporal and spatial distribution of absorbed and effective equivalent doses at low dose levels in general. This is also true for changes in the physicochemical composition of the mixture of inhaled radionuclides at different times after the accident and for the possibility of assigning the dose to the range of low doses or low dose range with a focus on purely the external exposure to ionizing radiation [2–4, 10, 11, 18].

ICRP noted a number of biological effects in the lungs of experimental animals after deposition of radionuclides in them during inhalation. These included: radiation pneumonitis, pulmonary fibro-

гень, гіперплазія, метаплазія та неоплазія епітелію бронхів, розвиток сарком, а також склероз і аденопатії торакальних лімфовузлів, аденоматоз та пухлини м'яких тканин, лімфопенії і лейкопенії [9, 10].

Таким чином, в умовах аварії на ЧАЕС, склалися радіаційно-гігієнічні умови ймовірного надходження радіонуклідів аварійного походження до бронхолегеневої системи учасників ЛНА на ЧАЕС, що обумовило реалізацію і розвиток гострих, а надалі й віддалених ефектів зовнішнього та внутрішнього опромінення бронхолегеневої системи [1–4, 10, 11, 14, 16].

Вчені пульмонологи та патологи практично з перших післяаварійних років почали комплексні дослідження щодо оцінки впливу іонізуючого випромінювання та інгаляційного надходження радіонуклідів на бронхолегеневу систему та удосконалення методів діагностики і лікування цієї категорії хворих. Основними центрами вивчення цього вкрай важливого, але водночас і важкого питання в Україні були Всесоюзний науковий центр радіаційної медицини АМН СРСР (сьогодні – ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України») та Інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського МОЗ УРСР (сьогодні – ДУ «Національний Інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського НАМН України») – перша спільна публікація в 1989 році [26]. Ці дослідження були присвячені аналізу епідеміологічних даних, моніторингу стану бронхолегеневої системи у постраждалих, вивченню особливостей клініки, перебігу та формування патоморфозу хронічних неспецифічних захворювань легенів при дії зовнішнього опромінення та інгаляційному надходженні радіонуклідів [14, 26, 27].

У Російській Федерації основним центром досліджень ураження бронхолегеневої системи внаслідок аварії на ЧАЕС став НДІ пульмонології МОЗ РФСР (сьогодні – Научно-исследовательский институт пульмонологии ФМБА России). Перший цикл робіт присвячений пульмонологічним дослідженням впливу іонізуючого опромінення та інгаляції радіонуклідів на бронхолегеневу систему був представлений в № 4 журналу «Пульмонологія» за 1993 рік [15, 25, 28].

В таблиці 1 в хронологічному порядку наведені основні публікації, монографії та дисертаційні роботи, присвячені вивченню впливу іонізуючого опромінення на бронхолегеневу систему постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС.

sis, hyperplasia, metaplasia and neoplasia of the bronchial epithelium, sarcoma, as well as sclerosis and adenopathy of thoracic lymph nodes, adenomatosis and soft tissue tumors, lymphopenia and leukopenia [9, 10].

Thus, in the conditions of the Chornobyl accident, there were radiation and hygienic conditions for the probable entry of radionuclides of emergency origin into the bronchopulmonary system of clean-up workers of the ChNPP accident, which led to the implementation and development of acute and long-term effects of external and internal exposure of bronchopulmonary system [1–4, 10, 14, 16].

From the first post-accident years, pulmonologists and pathologists began comprehensive research to assess the impact of ionizing radiation and inhalation of radionuclides on the bronchopulmonary system and improve methods of diagnosis and treatment of this category of patients. The main centers for studying this extremely important but at the same time difficult issue in Ukraine were the All-Union Research Center for Radiation Medicine of the USSR Academy of Medical Sciences (now SI «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine») and the Institute of Phthisiology and Pulmonology. F.G. Yanovsky of Ministry of Health of the UkSSR (now – SI «National Institute of Phthisiology and Pulmonology named after F.G. Yanovsky NAMS of Ukraine») – the first joint publication in 1989 [26]. These studies were devoted to the analysis of epidemiological data, monitoring of the bronchopulmonary system in victims, study of clinical features, course and formation of chronic nonspecific lung diseases pathomorphosis under the influence of external radiation and inhalation of radionuclides [14, 26, 27].

In the Russian Federation, the main center for research into the damage to the bronchopulmonary system as a result of the Chornobyl accident was the Research Institute of Pulmonology of the Ministry of Health of the RSFSR (today – Research Institute of Pulmonology FMBA of Russia). The first cycle of works devoted to pulmonological studies of the effects of ionizing radiation and inhalation of radionuclides on the bronchopulmonary system was presented in journal «Pulmonology» № 4 in 1993 [15, 25, 28].

Main publications, monographs and dissertations devoted to the study of the impact of ionizing radiation on the bronchopulmonary system of victims of the Chornobyl NPP accident are given in Table 1 in chronological order .

Таблиця 1

Основні публікації, монографії та дисертаційні роботи присвячені вивченню впливу іонізуючого опромінення на бронхолегеневу систему в умовах аварії на ЧАЕС

Table 1

Main publications, monographs and dissertations devoted to the study of the impact of ionizing radiation on the bronchopulmonary system in conditions of the Chernobyl NPP accident

№ #	Автор(и) / Author(s)	Місце, рік, вид публікації Publication place, year, type	Назва роботи Title of publication
1.	Сушко В. А., Дзюблик О.Я. та ін. Sushko V.A., Dziublyk A.Y. et. al. [27]	Київ / Kyiv, 1991 стаття / article	Выявление и течение хронических неспецифических заболеваний легких у лиц, воздействию малых доз ионизирующего излучения Detection and course of chronic nonspecific lung diseases in persons exposed to low doses of ionizing radiation
2.	Крячок И. В. / Kryachok I. V. [29]	Київ / Kyiv, 1992 дисертація / thesis	Структурные изменения бронхов лиц, подвергшихся радиационному воздействию Structural changes in the bronchus of persons exposed to radiation
3.	Чучалин А. Г. и др. Chuchalin A.G. et al. [15, 25, 28]	Москва / Moscow, 1993 комплекс статей / set of articles	Аэрозольные радионуклидные пневмопатии – монотематический выпуск журнала «Пульмонология» (1993, № 4) Aerosol radionuclide pneumopathies – the monothematic issue of the «Pulmonology» journal (1993, No. 4).
4.	Марачева А. В. Maracheva A.V. [30]	Москва / Moscow, 1996 дисертація / thesis	Особенности диагностики и лечения заболеваний органов дыхания у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС Features of diagnostics and treatment of respiratory diseases in liquidators of the Chernobyl NPP accident
5.	Селихова Л. Г. [31, 32]	СПб./ St.-Petersburg, Київ / Kyiv, Полтава / Poltava, 1996–1999 дисертація / thesis, стаття / article	Особенности течения основных клинических форм бронхолегеневой патологии у лиц, принимавших участие в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС, и коррекция выявленных нарушений Peculiarities of the course of the main clinical forms of bronchopulmonary pathology in persons who took part in the liquidation of the Chernobyl NPP accident, and correction of the identified disorders Особенности развития и клинического течения основных форм бронхолегочной патологии у лиц, участвовавших в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС Features of the development and clinical course of the main forms of bronchopulmonary pathology in persons who participated in the liquidation of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant
6.	Аммосова С. П. Ammosova S.P. [33]	Москва / Moscow, 1998 дисертація / thesis	Особенности клинического течения хронического бронхита у ликвидаторов аварии на ЧАЭС и эффективность длительного применения N-ацетилцистеина в их комплексном лечении Features of the clinical course of chronic bronchitis in liquidators of the Chernobyl accident and the effectiveness of long-term use of N-acetyl cysteine in their complex treatment
7.	Чучалин А. Г. и др. Chuchalin A.G. et al. [16]	Москва / Moscow, 1998 колективна монографія collective monograph	Патология органов дыхания у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС Respiratory pathology in liquidators of the Chernobyl NPP accident
8.	Швайко Л. І. Shvayko L.I. [34]	Київ / Kyiv, 1999, дисертація / thesis	Клініко-функціональні особливості перебігу хронічного бронхіту у учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС The chronic bronchitis course in the participants in the liquidation of the consequences of The Chernobyl NPP accident
9.	Ткачишин В. С. Tkachyshyn V.S. [35, 36]	Київ / Kyiv, 2000 дисертація / thesis	Загальний патогенетичний аспект формування патологічних процесів внутрішніх органів та обумовлені ним клінічні особливості гіпертонічної хвороби і хронічного бронхіту у ліквідаторів наслідків аварії на Чорнобильській АЕС General pathogenetic aspect of the formation of pathological processes of internal organs and the resulting clinical features of hypertension and chronic bronchitis in the liquidators of the Chernobyl accident
10.	Полякова В. О. Polyakova V.O. [37]	Київ / Kyiv, 2001 дисертація / thesis	Особенности регенерации поверхностного эпителия слизистой оболочки бронхов у ликвидаторов наслідків аварії на Чорнобильській АЕС: ультраструктурна характеристика

Таблиця 1 (продовження)

Table 1 (continued)

№ Автор(и) / Author(s) #	Місце, рік, вид публікації Publication place, year, type	Назва роботи Title of publication
		Features of regeneration of the superficial epithelium of the bronchial mucosa in liquidators of the Chernobyl accident: ultrastructural characteristics
11. Чикина С. Ю. Chikina S.Yu. [38]	Москва / Moscow, 2002 дисертація / thesis	Клинико-морфологическая и генетическая характеристика бронхолегочной системы у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленные сроки Clinical and morphological and genetic characteristics of the bronchopulmonary system in liquidators of the consequences of the Chernobyl accident in the long term
12. Сушко В. О. Sushko V.O. [39]	Київ / Kyiv, 2003, дисертація / thesis	Патоморфоз хронічних обструктивних захворювань легенів в учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС Pathomorphosys of chronic obstructive pulmonary diseases in clean-up workers of Chernobyl nuclear power plant accident
13. Терещенко В. П., Сушко В. О. та ін. Tereshchenko V.P., Sushko V.O. et al. [14]	Київ / Kyiv, 2004 колективна монографія collective monograph	Хронічні неспецифічні захворювання легень у ліквідаторів наслідків Чорнобильської катастрофи Chronic non-specific lung diseases in the liquidators of the Chernobyl catastrophe
14. Фещенко Ю. І. Feshchenko Y.I. et al. [40]	Київ / Kyiv, 2006 стаття / article	Хронічні бронхолегеневі захворювання в осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи (20 років досліджень) Chronic bronchopulmonary diseases in persons affected by the Chornobyl disaster (20 years of research)
15. Сегеда Т. П. Segeda T.P. [41]	Київ / Kyiv, 2011 дисертація / thesis	Ультраструктурна характеристика патології мікроциркуляції в учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС Ultrastructural characteristics of microcirculation pathology in participants of liquidation of consequences of Chornobyl NPP accident
16. Бази́ка К. Д. Bazyka K.D. [42]	Київ / Kyiv, 2013 дисертація / thesis	Клініко-функціональні особливості хронічного обструктивного захворювання легень у учасників ліквідації аварії на ЧАЕС у віддаленому післяаварійному періоді Clinical and functional features of chronic obstructive pulmonary disease in participants in the elimination of ChNPP in the remote post-accident period
17. Швайко Л. І. Shvayko L.I. [43]	Київ / Kyiv, 2013 дисертація / thesis	Визначення впливу іонізуючого випромінювання аварійного походження на розвиток бронхолегеневої патології та розробка заходів щодо мінімізації її прогресування Estimation of emergency originating ionizing radiation influence on development of bronchopulmonary pathology and development of measures for its progressing minimization

З перших післяаварійних років мало місце багатоцентрове дослідження клініцистів і патологів впливу іонізуючого опромінення та інгаляції радіонуклідів на бронхолегеневу систему учасників робіт з ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи. В подальшому і сьогодні дослідження віддалених наслідків впливу іонізуючого опромінення на бронхолегеневу систему сконцентровані в ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України» (ННЦРМ). З плином часу непересічна актуальність і значущість цих досліджень залишаються незмінними.

За даними Ю. І. Фещенка та співавт. [40], аварія на ЧАЕС сприяла зростанню захворюваності та поширеності захворювань легень серед учасників лікві-

From the first post-accident years there was a multicenter study of clinicians and pathologists of the impact of ionizing radiation and inhalation of radionuclides on the bronchopulmonary system of clean-up workers of the Chornobyl disaster. In the post-accident years and today, the main studies of the long-term effects of ionizing radiation on the bronchopulmonary system were concentrated in the State Institution «National Research Center for Radiation Medicine NAMS of Ukraine» (NRCRM). Over time, the extraordinary relevance and significance of these studies remains unchanged.

According to Y.I. Feshchenko et al. [40] The Chornobyl NPP accident contributed to the increase in the incidence and prevalence of lung dis-

дації наслідків аварії, евакуйованих і мешканців забруднених територій. Зростання поширеності хронічного бронхіту та хронічних обструктивних захворювань легень (ХОЗЛ) з 1992 до 2001 року мало найвищі показники серед учасників ліквідації аварії (в 1992 і 2001 роках відповідно 3723 і 11 328 на 100 тис.) та евакуйованих (з 4668 до 7431 на 100 тис., відповідно), для мешканців забруднених територій визначене зростання даного показника не було таким показовим (3079 і 4055 на 100 тис.), а у населення України порівняно з постраждалими було нижчим як за значенням, так і за рівнем зростання (2499 до 3053 на 100 тис.). Результати довгострокового (1996–2016 рр.) пульмонологічного обстеження 16 133 учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС 1986 р. у поліклініці радіаційного реєстру ННЦРМ засвідчили достовірне невпинне зростання захворюваності на хронічний бронхіт та ХОЗЛ серед зазначеного контингенту хворих [14, 34, 39, 42–47]. Ці дані загалом збігаються з результатами клініко-епідеміологічних досліджень на базі українського та російського національних радіаційних реєстрів [48–51], які свідчать, що патологія органів дихання посідає одне з провідних місць у структурі загальної захворюваності окресленого контингенту населення.

Дослідження, виконані в ННЦРМ [14, 34, 39, 42–47] та Національному Інституті фтизіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського [39] свідчать про перевагу ХОЗЛ у структурі захворюваності на хронічну неспецифічну бронхолегеневу патологію в учасників ЛНА: питома вага ХОЗЛ складає близько 77 %, хронічного бронхіту – до 15 %, бронхіальної астми – близько 8 %.

За результатами довготривалого (1987–2003рр.) комплексного клініко-морфологічного дослідження 2 736 хворих на ХОЗЛ – учасників ЛНА на ЧАЕС 1986 року з дозами зовнішнього опромінення у діапазоні 2 сЗв – 76 сЗв та 309 хворих на ХОЗЛ без радіаційного впливу в анамнезі доведено наявність патоморфозу ХОЗЛ при дії радіаційно-пилового та інших пошкоджуючих факторів Чорнобильської катастрофи в учасників ЛНА 1986 р. [14, 34, 39, 42–47, 52–56]. Результати клінічних і патоморфологічних досліджень російських вчених в 1993–1996 роках під керівництвом А. Г. Чучаліна [15, 16, 23–25, 28, 30, 33, 38], проведених на групі учасників ЛНА на ЧАЕС (всього 460 учасників ЛНА) щодо функціонального стану бронхолегенової системи і визначення структурних та ультраструктурних змін слизової оболонки бронхів, в цілому збігаються з результатами досліджень українських вчених, які виконували

ефекти серед чистих робітників аварії, евакуйованих і мешканців забруднених територій. Зростання поширеності хронічного бронхіту та ХОЗЛ в 1992 до 2001 року мало найвищі показники серед чистих робітників аварії (в 1992 і 2001 роках відповідно 3723 і 11328 на 100 тис.) та евакуйованих (з 4668 до 7431 на 100 тис., відповідно), для мешканців забруднених територій визначене зростання даного показника не було таким показовим (3079 і 4055 на 100 тис.), а у населення України порівняно з постраждалими було нижчим як за значенням, так і за рівнем зростання (2499 до 3053 на 100 тис.). Результати довгострокового (1996–2016) пульмонологічного обстеження 16,133 чистих робітників аварії на Чорнобильській АЕС 1986 р. в поліклініці радіаційного реєстру ННЦРМ показали достовірне невпинне зростання захворюваності на хронічний бронхіт та ХОЗЛ серед зазначеного контингенту хворих [14, 34, 39, 42–47]. Ці дані загалом збігаються з результатами клініко-епідеміологічних досліджень на базі українського та російського національних радіаційних реєстрів [48–51], які свідчать, що патологія органів дихання посідає одне з провідних місць у структурі загальної захворюваності окресленого контингенту населення.

Дослідження, виконані в ННЦРМ [14, 34, 39, 42–47] та Національному інституті фтизіології та пульмонології ім. Ф. Г. Яновського НАМС України [39] свідчать про перевагу ХОЗЛ у структурі захворюваності на хронічну неспецифічну бронхолегеневу патологію в чистих робітників аварії: питома вага ХОЗЛ складає близько 77 %, хронічного бронхіту – до 15 %, астми – більше 8 %.

Згідно з результатами довготривалого (1987–2003) комплексного клініко-морфологічного дослідження 2,736 хворих на ХОЗЛ – чистих робітників аварії на ЧАЕС 1986 року з дозами зовнішнього опромінення у діапазоні 2 сЗв – 76 сЗв та 309 хворих на ХОЗЛ без радіаційного впливу в анамнезі доведено наявність патоморфозу ХОЗЛ при дії радіаційно-пилового та інших пошкоджуючих факторів Чорнобильської катастрофи в чистих робітників аварії на Чорнобильській АЕС 1986 р. [14, 34, 39, 42–47, 52–56]. Результати клінічних і патоморфологічних досліджень російських вчених в 1993–1996 роках під керівництвом А. Г. Чучаліна [15, 16, 23–25, 28, 30, 33, 38], проведених на групі чистих робітників аварії на Чорнобильській АЕС (всього 460 осіб) щодо функціонального стану бронхолегенової системи і визначення структурних та ультраструктурних змін слизової оболонки бронхів, в цілому збігаються з результатами досліджень українських вчених, які виконували

лись в той же час [14, 34, 35–37, 39, 40, 42–47, 52–56].

Аналіз відносних радіаційних ризиків за даними поглибленого клініко-епідеміологічного обстеження (1992–2004 рр.) в НЦРМ 7665 учасників ЛНА на ЧАЕС 1986–1987 рр. чоловічої статі з різними дозами зовнішнього опромінення всього тіла, хворих на ХОЗЛ, виявив достовірний зв'язок розвитку цієї патології з впливом іонізуючого опромінення в дозах вище 0,25 Зв (контроль склали пацієнти з дозами нижче 0,05 Зв) [1, 57].

Маніфестація бронхолегеневої патології у ранньому періоді після опромінення характеризувалась синдромокомплексом, характерною особливістю якого була наявність виразного подразнення верхніх дихальних шляхів – «чорнобильський респіраторний синдром» [14, 16, 21, 27, 30–36, 39, 40, 42–47, 52–56]. Загалом для учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС характерними були «бідність» і «змазаність» клінічної симптоматики на початку захворювання, передування задишки появі інших симптомів хвороби [14, 42–47, 52–56]. Переважав гіпореактивний характер загострень ХОЗЛ [14, 42–47, 52–56].

Висока коморбідність, тобто наявність кількох супутніх захворювань, є характерною для постраждалих від наслідків аварії на ЧАЕС, які хворіють на ХОЗЛ [14, 16, 21, 27, 30–36, 39, 40, 42–47, 52–56]. Особливо обтяжуючий вплив на розвиток і прогресування ХОЗЛ впродовж першого післяаварійного десятиріччя визначали наявність дуоденогастрального та гастроєзофагального рефлюксів [14, 52–56], захворювань печінки та жовчних ходів, хвороб верхніх дихальних шляхів. На сьогодні основними коморбідними складовими є ураження серцево-судинної та нервової систем (на початку вегетативні розлади, надалі – гіпертонічна хвороба, ішемічна хвороба серця, ранній церебральний атеросклероз, дисциркуляторна енцефалопатія), які в перші поаварійні роки виявлялися у 63,4 % спостережень, а на сьогодні діагностуються у майже 100 % хворих. Великий вплив на розвиток та прогресування ХОЗЛ у пацієнтів-ліквідаторів мають супутні захворювання ендокринної системи (передусім – хронічний тиреоїдит та гіпотиреоз), що виявляються у 15 % хворих, а також порушення гіпофізарно-тиреоїдної та гіпоталамо-гіпофізарно-адrenalової ланок регуляції [58]. Хвороби органів травлення діагностуються більш ніж у 90 % обстежених. Особливо вагомим був вплив дуодено-гастрального (18 %) та гастроєзофагального (44 %) рефлюксів, захворювань печінки і жовчних ходів (43 %), хвороб верхніх ди-

Ukrainian scientists conducted at the same time [14, 34, 35–37, 39, 40, 42–47, 52–56].

Analysis of relative radiation risks according to the clinical and epidemiological survey (1992–2004) in the RCRM 7665 clean-up workers of Chernobyl NPP accident in 1986–1987 male with different doses of the whole body external radiation suffered from COPD revealed a reliable link between this pathology with exposure to ionizing radiation at doses above 0.25 Sv (control was performed by patients with doses below 0.05 Sv) [1, 57].

The manifestation of bronchopulmonary pathology in the early period after irradiation was characterized by a syndrome complex, a characteristic feature of which was the presence of severe irritation of the upper respiratory tract – «Chernobyl respiratory syndrome» [14, 16, 21, 27, 30–36, 39, 40, 42–47, 52–56]. In general, the clean-up workers of the Chernobyl accident were characterized by «poverty» and «blurring» of clinical symptoms at the beginning of the disease, the predominance of shortness of breath and other symptoms of the disease [14, 42–47, 52–56]. The hyporeactive nature of COPD exacerbations prevailed [14, 42–47, 52–56].

High comorbidity, the presence of several comorbidities, is characteristic of the victims of the Chernobyl accident, suffering from COPD [14, 16, 21, 27, 30–36, 39, 40, 42–47, 52–56]. Particularly aggravating influence on the development and progression of COPD during the first post-accident decade was determined by the presence of duodeno-gastric and gastro-esophageal reflux [14, 52–56], liver and bile duct diseases, upper respiratory tract diseases. To date, the main comorbid components are lesions of the cardiovascular and nervous systems (initially autonomic disorders, then – hypertension, coronary heart disease, early cerebral atherosclerosis, dyscirculatory encephalopathy), which in the early years was detected in 63.4% of cases today it is diagnosed in almost 100% of patients. Concomitant diseases of the endocrine system (primarily chronic thyroiditis and hypothyroidism), which are found in 15% of patients, as well as disorders of pituitary-thyroid and hypothalamic-pituitary-adrenal regulation have a great influence on the development and progression of COPD in patients-liquidators. Digestive diseases are diagnosed in more than 90% of those surveyed. The impact of duodeno-gastric (18%) and gastro-oesophageal (44%) reflux, liver and bile duct diseases (43%), and upper respiratory tract diseases

хальних шляхів (42 %). Слід зазначити, що у переважної більшості хворих виявляються підвищені титри антитіл до персистуючої цитомегаловірусної інфекції (87 %), а впродовж 2011–2021 рр. також і до вірусу Епштейна–Барр (68 %) [14, 59].

Доведено, що ХОЗЛ в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у віддаленому післяаварійному періоді має більш тяжкий перебіг порівняно з групою нозологічного контролю, що підтверджується вищими рівнями оцінок скарг на задишку при фізичному навантаженні, кашель з виділенням гнійно-слизового мокротиння, частоти загострень протягом року [14, 16, 21, 27, 30–36, 39, 40, 42–47, 52–56].

Для учасників ліквідації наслідків аварії також характерною була поступова трансформація бронхообструктивного синдрому: на початку захворювання виявляється гіпотонічна дискінезія мембранозної частини трахеї і обструкція дрібних бронхів, яка згодом переходить у тотальну бронхообструкцію з низьким рівнем її зворотності [14, 21, 27, 34, 39, 42, 43, 45, 46, 56]. Погіршення перебігу хвороби підтверджується також при дослідженні функції зовнішнього дихання: якщо в 1996 р. III ступінь легеневої недостатності при загостренні ХОЗЛ виявлявся у 4 % хворих, то в 2005 р. тяжка легенева недостатність виявлялася майже у половини хворих (46 %) на ХОЗЛ учасників ліквідації наслідків аварії, що пов'язано з розвитком емфіземи, пневмофіброзу і легеневої гіперінфляції. [14, 46, 56, 60].

У віддаленому післяаварійному періоді встановлено, що за результатами спірометрії в групі хворих на ХОЗЛ учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС в порівнянні з групою хворих нозологічного контролю виявляється достовірне зниження максимальної об'ємної швидкості на рівні 75 % форсованої життєвої ємності (FVC) легень (FEF₇₅), при відсутності змін середньгрупових значень інших об'ємних і швидкісних показників. При аналізі показників бодіплетизмографії у хворих на ХОЗЛ учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС в порівнянні з групою хворих нозологічного контролю визначені значні достовірні порушення співвідношення легневих об'ємів за рахунок достовірно вищого рівня залишкового об'єму (RV), внутрішнього об'єму повітря в грудній клітці (ITGV) та резервного об'єму видиху (ERV), що свідчить про більш виражені респіраторні порушення в основній групі хворих внаслідок легеневої гіперінфляції та емфіземи легень, котрі супроводжуються легеневою гіпертензією з розвитком ди-

(42 %) was particularly significant. It should be noted that the vast majority of patients have elevated antibody titers to persistent cytomegalovirus infection (87 %), and during 2011–2021 also to Epstein-Barr virus (68 %) [14, 59].

It has been proved that COPD in LNA participants of liquidation of consequences at the Chernobyl NPP in the remote post-accident period is more severe compared to the nosological control group of patients, which is confirmed by higher levels of complaints of shortness of breath during exercise, cough with purulent mucosal sputum. The number of exacerbations in a year [14, 16, 21, 27, 30–36, 39, 40, 42–47, 52–56].

Clean-up workers of the accident were also characterized by a gradual transformation of bronchoobstructive syndrome: at the beginning of the disease the hypotonic dyskinesia of the membranous part of the trachea and obstruction of small bronchi was present in the most of the cases, which later turns into total bronchial obstruction with low reversibility [14, 21, 27, 34, 39, 42, 43, 45, 46, 56]. Deterioration of the disease is also confirmed by a study of the level of lung function tests changes: if in 1996 the 3 degree of bronchial obstructive disorders in COPD exacerbation was detected in 4% of patients, in 2005 the severe bronchial obstruction was detected in almost half (46%) of the COPD patients clean-up workers of the accident, which is associated with the development of emphysema, pneumofibrosis and pulmonary hyperinflation. [14, 46, 56, 60].

In the remote post-accident period, it was found that the results of spirometry in the group of COPD patients clean-up workers the Chernobyl NPP accident compared to the group of nosological control patients showed a significant decrease in maximal volumetric velocity at 75% forced vital capacity (FVC) (FEF₇₅), in the absence of changes in the average group values of other volumetric and velocity indicators. The results of body plethysmography in COPD patients with clean-up workers of Chernobyl NPP accident in comparison with the nosological control group of patients identified significant violations of the lung volumes ratio due to a significantly higher level of residual volume (RV), intrathoracic gas volume (ITGV) and expiratory reserve volume (ERV), indicating the highest respiratory disorders in the main group of patients due to pulmonary hyperinflation and pulmonary emphysema, which are accompanied by pulmonary hypertension with the development of right ventricle

лятації правого шлуночка і формуванням його діастолічної дисфункції [42, 45–47, 56, 60].

Отримані нові дані про наявність дозової залежності між показниками респіраторної функції та дозою опромінення в діапазоні більше 500 мЗв у групі хворих на ХОЗЛ учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у віддаленому періоді після опромінення. Про це свідчать достовірне зниження показників FVC та FEF₇₅ в учасників ЛНА з найбільшим ступенем відхилення у осіб, опромінених в інтервалі доз більше 500 мЗв, та достовірне зниження показника життєвої ємності легень (VC). FEF₂₅ в основних групах учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС та групі нозологічного контролю не відрізнялися, тоді як на рівні видиху 50 % FVC та 75 % FVC були вірогідно зниженими порівняно з групою нозологічного контролю [42, 46, 60, 61].

Доведено, що погіршення дифузійної спроможності легень (DLco) в групі учасників ЛНА на ЧАЕС, хворих на ХОЗЛ, є однією з характерних ознак впливу іонізуючого опромінення та інгаляційного впливу радіонуклідів аварійного походження, що також підтверджує більш тяжкий перебіг захворювання і відповідає більшій частоті виявлення ознак пневмофіброзу та емфіземи при рентгенологічному обстеженні [42, 46, 62].

Рентгенологічна симптоматика ураження бронхолегеневої системи характеризується швидким розвитком фіброзу в легенях і прогресуючою деформацією бронхів. Діагноз хронічного бронхіту підтверджувався рентгенологічно в пацієнтів-ліквідаторів вже у перші роки спостереження. В окремих випадках рентгенологічна симптоматика випереджала клінічну. Рентгенологічне дослідження органів грудної клітки виявило розвиток у пацієнтів-ліквідаторів емфіземи легень та пневмофіброзу принаймні через 6–10 років після участі в аварійних роботах [4, 14, 21, 34, 36, 40, 47, 58].

Порушення вентиляційних, дифузійних спроможностей бронхолегеневої системи та її структурна перебудова внаслідок фібротичних змін легень і бронхів призводили до порушень гемодинаміки та розвитку легеневої гіпертензії серед учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, хворих на ХОЗЛ [63–65].

При ендоскопічному дослідженні (обстежено 877 хворих на ХОЗЛ учасників ЛНА на ЧАЕС і 116 представників нозологічного контролю), як правило, виявляється хронічний атрофічний ендобронхіт зі значними фіброзними змінами слизової оболонки бронхів [14, 39]. Ендоморфологічні ознаки змін слизової оболонки трахеї та бронхів пацієнтів – учасників ЛНА на ЧАЕС мали типову спрямованість і загалом відповідали картині атрофічної форми ендоб-

dilatation and the formation of its diastolic dysfunction [42, 45–47, 56, 60].

New data on the presence of a dose relationship between respiratory function and radiation dose in the range of more than 500 mSv in the group of COPD patients clean-up workers of Chernobyl NPP accident in the remote period after irradiation. This is evidenced by a significant decrease in forced vital capacity (FVC) and FEF₇₅ in clean-up workers with the highest degree of deviation in individuals irradiated in the dose range of more than 500 mSv and a significant decrease in vital capacity (VC). FEF₂₅ in the main groups of clean-up workers at the Chernobyl NPP and the nosological control group did not differ, while at the exhalation level 50% of FVC and 75% of FVC were significantly reduced relatively to the nosological control group [42, 46, 60, 61].

Deterioration of lungs diffusion capacity (DLco) in COPD patients clean-up workers of the Chernobyl NPP accident has been shown to be one of the hallmarks of ionizing radiation exposure and emergency origin radionuclides inhalation exposure, which corresponds to a higher frequency of pneumofibrosis and emphysema signs at X-ray examination [42, 46, 62].

Radiological symptoms of bronchopulmonary system changes are characterized by the rapid development of lungs fibrosis and progressive deformation of the bronchi. The diagnosis of chronic bronchitis was confirmed radiologically in patients-clean-up workers in the first years of observation. In some cases, radiological symptoms preceded clinical ones. Chest X-ray revealed the development of pulmonary emphysema and pneumofibrosis in at least from 6 to 10 years after participating in emergency work [14, 4, 21, 34, 36, 40, 47, 58].

Violation of ventilation, pulmonary diffusion capacity and its structural adjustment due to fibrotic changes of the lungs and bronchi led to hemodynamic disorders and the development of pulmonary hypertension in COPD patients clean-up workers of Chernobyl NPP accident [63–65].

Endoscopic examination of 877 COPD patients, clean-up workers of the Chernobyl accident and 116 CG patients of nosological control usually reveals chronic atrophic atrophic endobronchitis with significant fibrous changes in the bronchial mucosa [14, 39]. Endomorphological signs of mucous membrane of the trachea and bronchi changes in clean-up workers of the Chernobyl NPP accident were typical and, in general, corresponded to the atroph-

ронхіту зі значними катарально-склеротичними змінами та вираженою деформацією бронхіального дерева при мінімальному рівні ендобронхіального запалення [14, 16, 21, 22, 34, 39, 47, 52, 54, 55, 66, 67].

Впродовж перших років спостереження (до 1996 р.) для учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС характерним був низький ступінь активності ендобронхіального запалення. Після 1996 року у пацієнтів-ліквідаторів суттєво почали зростати гнійні форми ендобронхіту та поступово зменшилась виразність атрофічних змін. Рівень катарально-склеротичних змін слизової бронхів був і залишається достовірно вищим в учасників ліквідації наслідків аварії, ніж в осіб групи нозологічного контролю [14, 21, 22, 34, 39, 47, 52, 54, 55, 66].

Системний патоморфологічний аналіз (рутинна світлова та електронна мікроскопія, гістохімічні та імуногістохімічні морфологічні методи забарвлення) бронхобіоптатів у 416 пацієнтів – учасників ЛНА, хворих на ХОЗЛ, дозволив верифікувати у слизовій оболонці бронхів трансформованість регенераційних процесів, своєрідність ураження мікросудин, порушення фібрилогенезу та особливості хронізації запалення [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–71].

Для учасників ЛНА на ЧАЕС, які зазнали інгаляційної дії радіонуклідів, характерними були наявність ознак прискорення оновлення клітинних популяцій (порушення нормального співвідношення основних клітинних типів) та епітеліальні клітини зі зміненим фенотипом у слизовій оболонці бронхів, значна експресія плоскоклітинної метаплазії та виразної базально-клітинної гіперплазії поверхневого епітелію, а також дисплазії поверхневого епітелію різного ступеня; деформації, склерозу та гіалінозу епітеліальної базальної мембрани бронхів [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–71]. Водночас у пацієнтів учасників ЛНА на ЧАЕС встановлено значний спектр (9 підтипів) патології циліарного апарату війчастих клітин [14, 37, 39, 41].

Своєрідність патології мікроциркуляції в слизовій оболонці бронхів полягала у виразній патології ендотеліоцитів, адгезії еритроцитів до клітин ендотелію, конформаційно-функціональній перебудові мікросудин, склерозі складових гемомікроциркуляторного русла [14, 37, 39, 41, 67–71].

Інтенсифікація інволюційних процесів у слизовій оболонці бронхів включала поширеність плоскоклітинної метаплазії поверхневого епітелію, багат шаровість базальної мембрани кровоносних капілярів, ліпідні включення в цитоплазмі ендотеліоцитів, ліпідну дистрофію гладком'язових клітин, включення

ic endobronchitis with significant catarrhal sclerotic changes and severe deformity of the bronchial at minimal endobronchial inflammation presence [14, 16, 21, 22, 34, 39, 47, 52, 54, 55, 66, 67].

During the first years of observation (until 1996), the degree of endobronchial inflammation in the clean-up workers of Chernobyl accident was low. After 1996, purulent forms of endobronchitis began to increase significantly in patients clean-up workers and the severity of atrophic changes gradually decreased. The level of catarrhal-sclerotic changes of the bronchial mucosa has been and remains significantly higher in clean-up workers than in persons of the nosological control group [14, 21, 22, 34, 39, 47, 52, 54, 55, 66].

Systematic pathomorphological analysis (routine light and electron microscopy, histochemical and immunohistochemical morphological staining methods) of bronchobioptates in 416 COPD patients clean-up workers verified in the bronchial mucosa transformation of regeneration processes, peculiarity of microvascular lesions, disorders of fibrillogenesis and features of chronic inflammation [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–71].

The signs of accelerated renewal of cell populations (violation of the normal ratio of basic cell types) and epithelial cells with altered phenotype in the bronchial mucosa, significant expression of squamous cell metaplasia and severe basal cell hyperplasia as well as the superficial epithelium dysplasia of varying degrees; deformities, sclerosis and hyalinosis of epithelial basal membrane of the bronchi were typically present in clean-up workers of Chernobyl NPP accident, who underwent radionuclides inhalation [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–71]. At the same time, a significant range (9 subtypes) of ciliary cells apparatus pathology has been found in clean-up workers of Chernobyl NPP accident [14, 37, 39, 41].

The peculiarity of the bronchial mucosa microcirculation pathology was characterized by a pronounced pathology of endothelial cells, adhesion of erythrocytes to endothelial cells, conformational and functional rearrangement of microvessels, sclerosis of the hemomicrocirculatory tract [14, 37, 39, 41, 67–71].

Intensification of involutional processes in the bronchial mucosa included the prevalence of superficial epithelium squamous cell metaplasia, multilayered basal membrane of blood capillaries, lipid inclusions in the cytoplasm of endothelial cells, lipid dystrophy of smooth muscle cells, inclusion of lipo-

ліпофусцину у власній пластинці слизової оболонки бронхів, значну розповсюдженість гіалінозу і фіброзу [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–69].

Особливості дисрегенеративних змін у слизовій оболонці бронхів визначалися прискоренням оновлення клітинних популяцій, великою поширеністю плоскоклітинної метаплазії, виразною базальноклітинною гіперплазією, наявністю клітин зі зміненим фенотипом, депопуляцією апудоцитів [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–69].

Характер дисрегенеративних змін бронхіального епітелію у ліквідаторів наслідків аварії на ЧАЕС, зокрема виразна патологія камбіальних елементів і присутність клітин зі зміненим фенотипом, дає підстави вважати окреслений контингент групою підвищеного ризику щодо розвитку ендобронхіальних новоутворень [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–69]. Наступне вивчення структури морфологічних форм раку легень в учасників ЛНА і потерпілих внаслідок аварії на ЧАЕС ($n = 79$) довело суттєву перевагу плоскоклітинних форм раку (49,37 %) над аденокарциномою (25,32 %) та іншими формами легеневого раку серед обстеженої групи, що характерно саме для радіаційно індукованого раку легень [70].

При проведенні мікробіологічного аналізу мокротиння і ендобронхіального вмісту у пацієнтів-ліквідаторів (1994–2004 рр.) було виділено цілий ряд мікроорганізмів, що належать як до резидентної, так і до патогенної мікрофлори. У всіх обстежених учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС при бактеріологічному дослідженні ендобронхіальних змивів були виділені мікроорганізми в асоціаціях 2–4 видів різних родів, які мали різну чутливість до антибактеріальних препаратів. На першому місці за частотою виявлення у мокротинні ліквідаторів знаходиться *Staphylococcus aureus* (47,43 %). Друге місце займають дріжджоподібні грибки роду *Candida* (26,97 %). Значно рідше у хворих учасників ліквідації наслідків аварії були присутні *Streptococcus pneumoniae* (5,58 %), *Haemophilus influenzae* (4,65 %), *Klebsiella pneumoniae* (2,79 %). Інші види мікроорганізмів – *Moraxella catarrhalis*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus faecium*, *Neisseria perflava*, *Neisseria sicca*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter Iwoffii* – зустрічались епізодично. Заслужує на увагу нетипова для вмісту бронхів наявність *Escheria coli*. Це може бути пов'язане зі значною частотою у цих пацієнтів гастроєзофагального та дуоденогастрального рефлюксів і надходженням складових травного тракту до бронхіального дерева на тлі порушень вегетативної регуляції та дисбактеріозу.

fuscin in the own plate of the bronchial mucosa, a significant prevalence of hyalinosis and fibrosis [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 46, 47, 54, 55, 67–69].

Features of dysregenerative changes in the bronchial mucosa were determined by accelerated renewal of cell populations, high prevalence of squamous cell metaplasia, severe basal cell hyperplasia, the presence of cells with altered phenotype, depopulation of apudocytes [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–69].

The nature of dysregenerative changes in the bronchial epithelium in clean-up workers of the Chernobyl NPP accident, in particular the pronounced pathology of cambial elements and the presence of cells with altered phenotype were the signs of the increased risk of neoplasms in the delineated contingent [14, 16, 21, 22, 29, 36, 37, 39, 41, 47, 54, 55, 67–69]. Subsequent study of the structure of lung cancer morphological forms in clean-up patients and victims of the Chernobyl accident ($n = 79$) proved a significant advantage of squamous cell carcinoma (49.37%) over adenocarcinoma (25.32%) and other forms of lung cancer among the examined group, which was typical for radiation-induced lung cancer [70].

Microbiological analysis of sputum and endobronchial lavage in patients clean-up workers (1994–2004) revealed a number of microorganisms belonging to both resident and pathogenic microflora. In all examined clean-up workers of Chernobyl accident at endobronchial lavage bacteriological research microorganisms in associations of 2–4 species of different sorts which had different sensitivity to antibacterial drugs were allocated. *Staphylococcus aureus* (47.43%) ranks first in the frequency of detection in sputum. The second place is occupied by yeast-like fungi of the genus *Candida* (26.97%). *Streptococcus pneumoniae* (5.58%), *Haemophilus influenzae* (4.65%), *Klebsiella pneumoniae* (2.79%) were significantly less found in patients clean-up workers. Other species of microorganisms – *Moraxella catarrhalis*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus faecium*, *Neisseria perflava*, *Neisseria sicca*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter Iwoffii* – occurred sporadically. The presence of *Escheria coli*, which is not typical for bronchial contents, deserves attention. This may be due to the significant frequency of gastro-esophageal and duodeno-gastric reflux in these patients and the entry of digestive tract components into the bronchial tree on the background of disorders of vegetative auto-

Слід також зазначити, що при дослідженні ендобронхіальних змивів, як правило, виділяли мікроорганізми декількох (2–4) родів і видів, найчастіше – асоціації *Haemophilus influenzae* і *Streptococcus viridans*, *Neisseria perflava* і *Streptococcus faecium* з різною чутливістю до антибактеріальних препаратів. До того ж, за даними морфологічного, зокрема ультраструктурного, аналізу в учасників ЛНА присутнє глибоке проникнення мікроорганізмів у власну пластинку слизової оболонки бронхів [14, 44, 71, 72].

Проведені дослідження показали, що при ХОЗЛ в учасників ЛНА присутні значні зміни параметрів клітинного і гуморального імунітету, як, до речі, й у пацієнтів без радіаційного чинника в анамнезі. Ці зміни в процесі спостереження за недужими варіювали і нерідко були різноскерованими залежно від терміну після опромінення. У період відновлення імунної системи після опромінення розвиток ХОЗЛ відбувався на тлі зниженої кількості Т-лімфоцитів, що супроводжувалося зменшенням вмісту на поверхні клітин функціонально активних рецепторів – CD3, CD2, HLADR. Зниження вмісту CD3⁺ Т-лімфоцитів у обстежених хворих в першому періоді (4–6 років після опромінення) корелювало з підвищеним числом соматичних мутацій у локусі Т-клітинного рецептора, що свідчить про значення радіаційно-індукованих процесів у формуванні функціональної недостатності Т-клітин. Імунна недостатність у цьому періоді в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС з найбільшими дозовими навантаженнями супроводжувалася формуванням атрофічних форм ХОЗЛ, що може відображати морфогенетичне значення патології імунітету [14, 21, 39, 42, 47].

У період формування віддалених наслідків опромінення відзначена зміна співвідношення Т- і В-ланок імунної відповідності. Вміст CD3⁺ клітин у хворих на ХОЗЛ був вищим, ніж у контролі. Ці зміни характерні і для інших груп обстежених у віддаленому періоді після опромінення та супроводжуються зменшенням числа радіаційно-індукованих соматичних мутацій. Водночас, у цьому періоді простежене підвищення вмісту циркулюючих імунних комплексів, що не виявлялося у хворих у більш ранній термін. Можливою причиною є відновлення функціонування В-ланки у відповідь на антигенну стимуляцію. Перебіг ХОЗЛ супроводжувався підвищеним вмістом CD8⁺ лімфоцитів, тоді як більшість дослідників у віддаленому періоді після опромінення відзначає зниження

номічного регуляції та дисбактеріозу. Його слід також відзначити, що при дослідженні ендобронхіальних змивів, як правило, виділяли мікроорганізми декількох (2–4) родів і видів, найчастіше – асоціації *Haemophilus influenzae* і *Streptococcus viridans*, *Neisseria perflava* і *Streptococcus faecium* з різною чутливістю до антибактеріальних препаратів. До того ж, за даними морфологічного, зокрема ультраструктурного, аналізу в учасників ЛНА присутнє глибоке проникнення мікроорганізмів у власну пластинку слизової оболонки бронхів [14, 44, 71, 72].

Studies have shown that COPD patients clean-up workers have significant changes in the parameters of cellular and humoral immunity, as, incidentally, in patients without history of radiation. These changes in the process of monitoring the sick varied and often varied, depending on the time after irradiation. During the recovery of the immune system after irradiation, the development of COPD occurred against a background of reduced T-lymphocytes, which was accompanied by a decrease in the content on the cell surface of functionally active receptors – CD3, CD2, HLADR. The decrease in CD3⁺ T-lymphocytes in the examined patients in the first period (4–6 years after irradiation) correlated with an increased number of somatic mutations in the T-cell receptor locus, which indicates the importance of radiation-induced processes in the formation of functional T-cell insufficiency. Immune deficiency in this period in clean-up workers of the Chernobyl NPP accident with the highest dose loads was accompanied by the formation of atrophic forms of COPD, which may reflect the morphogenetic significance of immune pathology [14, 21, 39, 42, 47].

In the period of long-term effects of irradiation, a change in the ratio of T- and B-links of immune compliance was noted. The content of CD3⁺ cells in patients with COPD was higher than in controls. These changes are characteristic of other groups of subjects in the remote period after irradiation and are accompanied by a decrease in the number of radiation-induced somatic mutations. At the same time, an increase in the content of circulating immune complexes was observed in this period, which was not detected in patients at an earlier date. A possible cause is the restoration of B-function in response to antigenic stimulation. The course of COPD was accompanied by an increased content of CD8⁺ lymphocytes, while most researchers in the remote period after irradiation observed a decrease

числа і функціональної активності Т-супресорів. Ймовірним поясненням є інтенсивність цитотоксичних реакцій, подібно до того, як це виявлялося в групах осіб, що пережили атомне бомбардування й учасників ліквідації наслідків аварії з іншими видами «соматичної» патології [14, 21, 39, 42, 47].

Дослідження бронхоальвеолярних змивів уможливує оцінку реактивності клітин імунної системи *in loco*, що дозволяє пов'язати загальні зміни з конкретною патологією. Отримані результати показали перерозподіл клітин у Т-ланці зі зниженням відносного вмісту основних субпопуляцій Т-клітин. Разом з тим, виявлена порівняно висока кількість цитотоксичних клітин з високою експресією функціонально активних поверхневих антигенів. [14, 21, 39, 42, 47, 75, 76].

Підсумовуючи висвітлені дані, варто вказати на стадійність формування імунних механізмів при ХОЗЛ після опромінення з перевагою радіаційно-обумовленої імунної недостатності на першому етапі і цитотоксичних, а також імунокомплексних реакцій – у період формування віддалених наслідків [14, 21, 39, 42, 47, 75, 76].

У хворих на ХОЗЛ в групах учасників ЛНА на ЧАЕС, опромінених в дозових діапазонах менше та більше 500 мЗв, встановлена дозова залежність змін клітинного імунітету, зокрема, достовірне зниження числа $CD3^+$ Т-клітин, переважно за рахунок $CD8^+$ субпопуляції, тоді як число $CD4^+$ клітин було вірогідно вищим порівняно з групою контролю у всьому інтервалі доз, зниження вмісту цитотоксичних $CD3^+16^+56^+$ Т-лімфоцитів, підвищення $CD3^-16^+56^+$ природних кілерів та $CD3^-19^+$ В-лімфоцитів, а також змін показників гуморального імунітету, що вказує на залежність імунного стану від поглинутої дози опромінення [1, 42, 80, 81, 82].

Визначено прямий зв'язок респіраторних порушень у хворих на ХОЗЛ з рівнем $CD3^+16^+56^+$ цитотоксичних Т-лімфоцитів, а саме FEV_1 , FEF_{25} , FEF_{75} та DL_{CO} , що є підґрунтям тяжкого клінічного перебігу [1, 42, 80, 81, 82].

При дослідженні взаємозв'язку між станом бронхолегеневої системи та довжиною теломер в 113 учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС 1986–1987 рр. чоловічої статі, дози опромінення від 1,0 до 880 мЗв, у віддаленому післяаварійному періоді виявлено скорочення відносної довжини теломер (RTL) в учасників ЛНА, хворих на ХОЗЛ, порівняно з УЛНА, які не мали патології бронхолегеневої системи. Достовірно коротші значення RTL ($M \pm SD$) визначались у хворих на ХОЗЛ, які

in the number and functional activity of T-suppressors. A plausible explanation is the intensity of cytotoxic reactions, similar to that observed in groups of survivors of atomic bombing and clean-up workers with other types of «somatic» pathology [14, 21, 39, 42, 47].

The study of bronchoalveolar lavage makes it possible to assess the reactivity of cells of the immune system *in loco*, which allows to link the general changes with a specific pathology. The obtained results showed the redistribution of cells in the T-link with a decrease in the relative content of the main subpopulations of T-cells. However, a relatively high number of cytotoxic cells with high expression of functionally active surface antigens was detected [14, 21, 39, 42, 47, 75, 76].

Summarizing the presented data, it is necessary to point out the stage of formation of immune mechanisms in COPD after irradiation with the predominance of radiation-induced immune deficiency in the first stage and cytotoxic and immunocomplex reactions – in the period of long-term effects [14, 21, 39, 42, 47, 75, 76].

In patients with COPD in the groups of clean-up workers of Chernobyl NPP accident irradiated in dose ranges less than and more than 500 mSv, the dose dependence of changes in cellular immunity, in particular a significant decrease in $CD3^+$ T cells, mainly due to $CD8^+$ subpopulation, while the number of $CD4^+$ cells higher compared to the control group in the entire dose range, decreased cytotoxic $CD3^+16^+56^+$ T-lymphocytes, increased $CD3^-16^+56^+$ natural killers, and increased $CD3^-19^+$ B-lymphocytes, as well as changes in humoral immunity, which indicates the dependence of the immune state on the absorbed radiation dose [1, 42, 80, 81, 82].

A direct relationship between respiratory disorders in patients with COPD with a level of $CD3^+16^+56^+$ cytotoxic T-lymphocytes, namely FEV_1 , FEF_{25} , FEF_{75} and DL_{CO} , which is the basis of severe clinical course [1, 42, 80, 81, 82].

In the study of the relationship between the state of the bronchopulmonary system and the length of telomeres in 113 clean-up workers which are participants at the 1986–1987 Chernobyl NPP accident period, radiation doses from 1.0 to 880 mSv, in the remote post-accident period revealed a reduction in relative telomere length (RTL) in clean-up workers with COPD compared to clean-up workers who did not have pathology of the bronchopulmonary system. Significantly shorter values of RTL ($M \pm SD$) were

зазнали дії опромінення у дозі понад 500 мЗв ($13,6 \pm 2,5$) порівняно з хворими на ХОЗЛ, котрі були опромінені у дозі менше 100 мЗв ($15,3 \pm 2,3$) [81, 82].

ВИСНОВКИ

1. При комбінованій дії зовнішнього опромінення та інгаляції осколкової суміші радіонуклідів в умовах Чорнобильської катастрофи бронхолегенева система стала однією з основних тканин-«мішеней», що в подальшому реалізувалось хронічними обструктивними захворюваннями легенів, маніфестація яких відбулася протягом перших 3–5 років після участі пацієнтів у виконанні післяаварійних робіт.

2. Аварія на ЧАЕС сприяла зростанню захворюваності та хворобливості на захворювання легень серед учасників ліквідації наслідків аварії.

3. Перебіг хронічних обструктивних захворювань легень в учасників ЛНА на ЧАЕС в перші роки характеризувався мінімальною клінічною симптоматикою, надалі – швидким розвитком фібропластичних змін в легенях і слизовій оболонці бронхів з прогресуючою деформацією останніх, гіпореактивністю загострень та порушеннями бронхіальної секреції. У віддаленому періоді після опромінення відзначається більш тяжкий клінічний перебіг.

4. Бронхообструктивний синдром в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС видозмінюється від гіпотонічної дискінезії мембранозної частини трахеї і обструкції дрібних бронхів до тотальної бронхообструкції з низьким рівнем зворотної обструкції. Для учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС встановлені достовірно нижчі значення об'ємних і швидкісних показників за результатами спірометрії. Виявлено значне порушення співвідношення легеневих об'ємів за рахунок достовірно вищого рівня залишкового об'єму. Встановлено дозову залежність між показниками респіраторної функції та дозою опромінення для групи пацієнтів з числа учасників ЛНА на ЧАЕС, опромінених у дозах більше 500 мЗв, порівняно з опроміненими у дозах менше 500 мЗв та нозологічним контролем. Достовірно нижчі показники дифузійної спроможності легень (DL_{co}) в групі учасників ЛНА на ЧАЕС, хворих на ХОЗЛ, порівняно з групою нозологічного контролю підтверджують більш тяжкий перебіг захворювання, з частішим виявленням ознак пневмофіброзу та емфіземи при рентгенологічному обстеженні пацієнтів основної групи.

5. У пацієнтів-ліквідаторів наявні кілька супутніх захворювань, тобто ХОЗЛ є складовою поліорган-

determined in patients with COPD who were exposed to radiation at a dose of more than 500 mSv (13.6 ± 2.5) compared with patients with COPD who were irradiated at a dose of less than 100 mSv ($15, 3 \pm 2.3$) [81, 82].

CONCLUSIONS

1. Bronhopulmonary system under the combined action of external irradiation and inhalation of a fragmentary mixture of radionuclides in the conditions of the Chornobyl catastrophe, became one of the main target tissues, that later was realized by chronic obstructive pulmonary disease, which manifested itself in the first 3–5 years after patient participation performance of post-emergency works.

2. The Chornobyl NPP accident contributed to the increase in the incidence and morbidity of lung diseases among the participants in the aftermath of the accident.

3. The course of chronic obstructive pulmonary disease in clean-up workers at the Chornobyl NPP accident in the first years was characterized by minimal clinical symptoms, then – the accelerated development of fibroplastic changes in the lungs and bronchial mucosa with progressive deformity of the latter, hyporeactivity exacerbations and bronchial secretions. In the remote period after irradiation there is a more severe clinical course.

4. Bronchoobstructive syndrome in clean-up workers of Chornobyl NPP accident varies from hypotonic dyskinesia of the membranous part of the trachea and small bronchus obstruction to total bronchial obstruction with a low level of reverse obstruction. Significantly lower values of volumetric and velocity indicators according to the results of spirometry are set for the clean-up workers at the Chornobyl NPP. There was a significant violation of the lung volumes ratio due to a significantly higher level of residual volume. The dose relationship between respiratory function and radiation dose for the group of patients clean-up workers of the Chornobyl NPP accident irradiated at doses greater than 500 mSv, compared with those irradiated at doses less than 500 mSv and nosological control group. Significantly lower rates of pulmonary diffusion capacity (DL_{co}) in the group of clean-up workers at the Chornobyl NPP accident in COPD patients compared to the nosological control group confirm the more severe course of the disease, more frequent signs of pneumofibrosis and emphysema during X-ray examination of patients in the main group.

5. Patients clean-up workers have several comorbidities (comorbid status), COPD is a component of multior-

ної патології, яка суттєво спричинена порушеннями в інтеграційних системах забезпечення гомеостазу.

6. Верифікований у пацієнтів-ліквідаторів за даними ендоскопічних досліджень хронічний дифузний атрофічний ендобронхіт зі значними фібротичними змінами слизової оболонки бронхів морфологічно відповідає хронічному запальному процесу з виразними порушеннями регенерації, пошкодженням мукоциліарного апарату війчастих епітеліоцитів, патологією мікроциркуляції й епітеліально-сполучнотканинних взаємовідносин, трансформованим фібрилогенезом, неспроможністю місцевих механізмів захисту та ознаками інтенсифікації інволюційних реакцій у слизовій оболонці бронхів.

7. Ендобронхіальне середовище учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, хворих на хронічні обструктивні захворювання легенів, контаміноване переважно 2–4 видами представників резидентної й патогенної мікрофлори з різною чутливістю до антибактеріальних препаратів і типовою інвазією мікроорганізмів у власну пластинку слизової оболонки бронхів.

8. У хворих на ХОЗЛ учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, опромінених в дозових діапазонах менше та більше 500 мЗв, встановлені дозова залежність змін клітинного імунітету, зокрема достовірне зниження числа $CD3^+$ Т-клітин, переважно за рахунок $CD8^+$ субпопуляції, тоді як число $CD4^+$ клітин було вірогідно вищим порівняно з групою контролю у всьому інтервалі доз, зниження вмісту цитотоксичних $CD3^+16^+56^+$ Т-лімфоцитів, підвищення $CD3^-16^+56^+$ природних кілерів і $CD3^-19^+$ В-лімфоцитів, а також змін показників гуморального імунітету, що вказує на залежність імунного стану від поглинутої дози опромінення.

9. Визначено прямий зв'язок респіраторних порушень у хворих на ХОЗЛ учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС з рівнем $CD3^+16^+56^+$ цитотоксичних Т-лімфоцитів, а саме FEV_1 , FEF_{25} , FEF_{75} та DL_{co} , що є підґрунтям тяжкого клінічного перебігу захворювання.

10. У віддаленому післяаварійному періоді виявлено скорочення відносної довжини теломер (RTL) в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, хворих на ХОЗЛ, порівняно з учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС, які не мали патології бронхолегеневої системи. Також достовірно коротші значення RTL визначались у хворих на ХОЗЛ, які зазнали дії опромінення у дозі понад 500 мЗв, порівняно з хворими на ХОЗЛ, котрі були опромінені у дозі менше 100 мЗв.

gan pathology, which is significantly caused by violations in the integration systems of homeostasis.

6. Chronic diffuse atrophic endobronchitis with significant fibrotic changes of the bronchial mucosa that verified in clean-up workers according to endoscopic studies was morphologically corresponding to chronic inflammatory process with pronounced disorders of regeneration, damage to the mucociliary apparatus of ciliated epitheliocytes, pathology of microcirculation and epithelial-connective tissue relationships, transformed fibrillogenesis, failure of local defense mechanisms and signs of intensification of involutional reactions in the bronchial mucosa.

7. The endobronchial surroundings of the clean-up workers of the Chernobyl NPP accident, suffering from chronic obstructive pulmonary disease, is contaminated mainly by 2–4 species of resident and pathogenic microflora with different sensitivity to antibacterial drugs and typical invasion of microorganisms into the own plate of the bronchial mucosa.

8. In patients with COPD participants in the liquidation of the consequences of the Chernobyl NPP accident, irradiated in dose ranges less than and more than 500 mSv dose dependence has been found for the changes in cellular immunity, in particular, a significant decrease in the number of $CD3^+$ T cells, mainly due to the $CD8^+$ subpopulation, while the number of $CD4^+$ cells was significantly higher compared to the control group in the entire dose range, decreased cytotoxic $CD3^+16^+56^+$ T-lymphocytes, increased $CD3^-16^+56^+$ natural killers and $CD3^-19^+$ B-lymphocytes, and changes in humoral immunity, which indicates the dependence of the immune state on the absorbed dose of radiation.

9. The direct connection of respiratory disorders in patients with COPD clean-up workers of the Chernobyl NPP accident with the level of $CD3^+16^+56^+$ cytotoxic T-lymphocytes, namely FEV_1 , FEF_{25} , FEF_{75} and DL_{co} , which is the basis of severe clinical course of the disease.

10. In the remote post-accident period, a reduction in the relative length of the telomere (RTL) was found in clean-up workers with COPD compared to clean-up workers who did not have pathology of the bronchopulmonary system. Significantly shorter RTL values were also found in patients with COPD who were exposed to radiation at a dose of more than 500 mSv compared with patients with COPD who were irradiated at a dose of less than 100 mSv.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Тридцять років Чорнобильської катастрофи: радіологічні та медичні наслідки: Національна доповідь України / за ред. Д. А. Базики, М. Д. Тронька, Ю. Г. Антипкіна, А. М. Сердюка, В. О. Сушка. Київ, 2016. 177 с.
- Кутьков В. А., Дементьев С. М., Гусев И. А. Дозы внутреннего облучения у лиц, участвовавших в апреле-мае 1986 г. в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. *Медицинская радиология*. 1996. Т. 41, № 3. С. 24–31.
- Кутьков В. А. Радионуклидное загрязнение воздушной среды в результате аварии на Чернобыльской АЭС и облучение легких. *Патология органов дыхания у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС* / под ред. А. Г. Чучалина, А. Л. Черняева, К. Вуазена. М.: Грантъ, 1998. С. 10–43.
- Радиационная обстановка / И. П. Лось, Н. К. Шандала, Г. М. Гулько и др. *Медицинские последствия аварии на Чернобыльской атомной электростанции*. Информационный бюллетень. Киев, 1991. С. 9-68.
- Дозообразующие факторы внешнего и внутреннего облучения на различных этапах аварии на Чернобыльской АЭС / В. С. Репин, В. В. Чумак, В. Б. Берковский и др. *Медицинские последствия аварии на Чернобыльской атомной электростанции*. Информационный бюллетень. Киев, 1991. С. 92–100.
- Репин В. С. Изменения, обусловленные «горячими» частицами. *Чернобыльская катастрофа*. Киев, 1995. С. 438–441.
- Нечаев С. Ю. Радиационно-гигиеническая оценка фактора, обусловленного ингаляционным поступлением горячих частиц, выброшенных во внешнюю среду в результате аварии на ЧАЭС: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.07 / Нечаев Станислав Юрьевич; Институт медицины труда АМН Украины. Киев, 1994. 22 с.
- Bair W. J. The ICRP human respiratory tract model for radiological protection. *Radiat. Prot. Dosim.* 1995. Vol. 60, no. 4. P. 307–310.
- Биологические эффекты ингалированных радионуклидов. Публикация 31 МКРЗ / пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1984. 136 с.
- Москалев Ю. И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов. М.: Энергоатомиздат, 1989. 262 с.
- Москалев Ю. И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений. М.: Медицина, 1991. 464 с.
- Гуськова А. К., Галстян И. А., Гусев И. А. Авария на Чернобыльской атомной станции (1986-2011 гг.): последствия для здоровья, мышления врача / под общ. ред. А. К. Гуськовой. М., 2011. 253 с.
- Гуськова А. К., Краснюк В. И. Последствия для здоровья лиц, участвовавших в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС: основные итоги и нерешенные проблемы. *Медицина труда и промышленная экология*. 2012. № 10. С. 11–20.
- Хронічні неспецифічні захворювання легень у ліквідаторів наслідків Чорнобильської катастрофи / В. П. Терещенко, В. О. Сушко, В. А. Піщиков та ін.; під ред. В. П. Терещенка, В. О. Сушка. Київ: Медінформ, 2004. 252 с.
- Радионуклид в ткани легких у ликвидатора последствий аварии на Чернобыльской АЭС / А. Г. Чучалин, О. М. Грובהва, В. П. Черников и др. *Пульмонология*. 1993. № 4. С. 27–32.

REFERENCES

- Bazyka DA, Antipkin YuG, Serdiuk AM, Sushko VO, editors. Thirty years of Chornobyl catastrophe: radiological and health effects: National Report of Ukraine. Kyiv; 2016. 177 p. URL: <https://nrcrm.gov.ua/en/publications/reports/>
- Kutkov VA, Dementyev SM, Gusev IA. [Doses of internal exposure to persons who participated in April-May 1986 in the liquidation of the consequences of the Chernobyl NPP accident]. *Medical Radiology*. 1996;41(3):24-31. Russian.
- Kutkov VA. [Radionuclide contamination of air surroundings as a result of the accident at the Chernobyl NPP and irradiation of the lungs]. In: Chuchalin AG, Cherniaev AL, Voisin C, editors. *Respiratory pathology in liquidators of the Chernobyl NPP accident*. Moscow: Grant; 1998. p. 10-43. Russian.
- Los IP, Shandala NK, Gulko GM, et al. [Radiation situation]. In: *Medical consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant*. Information bulletin. Kiev; 1991. p. 9-68. Russian.
- Repin VS, Chumak W, Berkovsky VB, et al. [Dose-forming factors of external and internal irradiation at different stages of the accident at the Chernobyl nuclear power plant]. In: *Medical consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant*. Information bulletin. Kiev; 1991. p. 92-100. Russian.
- Repin VS. [Changes caused by «hot» particles]. In: [*Chernobyl catastrophe*]. Kiev; 1995. p. 438-441. Russian.
- Nechaev SYu. [Radiation-hygienic estimation of the factor of inhalation of hot particles that released into the environment as a result of the Chernobyl aNPP accident] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Kiev: Inst. of Occupational Medicine of AMS of Ukraine; 1994. 22 p. Russian.
- Bair WJ. The ICRP human respiratory tract model for radiological protection. *Radiat Prot Dosim*. 1995;60(4):307-310.
- International Commission on Radiological Protection. [Biological effects of inhaled radionuclides. Publication 31 ICRP]. Moscow: Energoatomizdat; 1984. 136 p. Russian.
- Moskalev Yul. [Radiobiology of incorporated radionuclides]. Moscow: Energoatomizdat; 1989. 262 p. Russian.
- Moskalev Yul. [Long-term consequences of ionizing radiation exposure]. Moscow: Medicine; 1991.464 p. Russian.
- Guskova AK, Galstyan IA, Gusev IA; Guskova AK, editor. [The accident at the Chernobyl nuclear power plant (1986-2011): health implications, a doctor's thinking]. Moscow; 2011. 253 p. Russian.
- Guskova AK, Krasnyuk VI. [Health consequences for the persons who participated in the liquidation of the Chernobyl NPP accident: main results and unresolved problems]. *Occupational medicine and industrial ecology*. 2012;(10):11-20. Russian.
- Tereshchenko VP, Sushko VO, Pishchikov VA, et al.; Tereshchenko VP, Sushko VO, editor. [Chronic non-specific lung diseases in the liquidators of the Chernobyl catastrophe]. Kyiv: Medinform; 2004. 252 p. Ukrainian.

16. Чучалин А. Г., Черняев А. Л., Вуазен К. Патология органов дыхания у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС. М. : Грантъ, 1998. 272 с.
17. Kutkov VA, Gusev IA, Dementiev SI. Internal exposure of the staff involved in the cleanup after the accident at the Chernobyl nuclear power plant in 1986. *World Health Stat Q.* 1996. Vol. 49, no. 1. P. 62–66.
18. Ильин Л. А., Крючков В. П., Осанов Д. П., Павлов Д. А. Уровни облучения участников ликвидации последствий Чернобыльской аварии в 1986-1987 гг. и верификация дозиметрических данных / *Радиационная биология. Радиоэкология.* 1995. Т. 35, Вып. 6. С. 803–828.
19. Будыка А. К., Огородников Б. И., Скитович В. И. Индивидуальная защита органов дыхания с учетом дисперсности радиоактивных аэрозолей в зоне Чернобыльской АЭС в 1986-1991 гг. *Гигиена и санитария.* 1993. № 4. С. 39–42.
20. Garger E. K., Kashpur V., Paretzke H. G., Tschiersch J. Measurement of resuspended aerosol in the Chernobyl area. Part II. Size distribution of radioactive particles. *Radiat. Environ. Biophys.* 1998. Vol. 36, no. 4. P. 275–283.
21. Бронхолегенева система / В. О. Сушко, С. Ю. Нечаев, Л. І. Швайко та ін. *Медичні наслідки Чернобыльської катастрофи: 1986–2011* / за ред. А. М. Сердюка, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. Тернопіль : ТДМУ, Укрмедкнига, 2011. Розділ 3.4. С. 460–506.
22. Терещенко В. П., Сушко В. О., Сегеда Т. П. Структурне підґрунтя клінічного патоморфозу хронічних обструктивних захворювань легень у ліквідаторів наслідків Чернобыльської катастрофи. *Медичні наслідки аварії на Чернобыльській атомній електростанції* / за ред. О. В. Возіанова, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. Київ : ДІА, 2007. С. 305–317.
23. Цитологические особенности, элементарный состав альвеолярных макрофагов бронхоальвеолярных смывов, патоморфология легких у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС / А. Л. Черняев, О. М. Грובהва, Г. В. Неклюдова и др. *Архив патологии.* 1996. Т. 60, № 5. С. 36–41.
24. Содержание тяжелых элементов и их соединений в клетках бронхоальвеолярных смывов и в ткани опухолей легких у лиц, подвергшихся радиационному воздействию / А. Г. Чучалин, О. А. Ляскина, П. Г. Плешанов и др. *Тер. Архив.* 1999. Т. 71, № 4. С. 47–51.
25. Выявление методами растровой электронной микроскопии и рентгеновского микроанализа локализации в легких человека «горячих частиц», образовавшихся в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции / Ю. П. Рева и др. *Пульмонология.* 1993. № 4. С. 56–59.
26. Сушко В. А., Тышко Н. А. Функциональное состояние альвеолярных макрофагов у больных хроническим бронхитом при воздействии малых доз ионизирующего излучения. *Проблемы радиационной медицины / М-во здравоохранения УССР; ВНЦРМ АМН СССР.* Киев, 1989. Вып. 2. С. 293–295.
27. Сушко В. А., Дзюблик А. Я., Доскуч В. В., Суслов Е. И. Выявление и течение хронических неспецифических заболеваний лег-
15. Chuchalin AG, Grobova OM, Chernikov VP, et al. [Radionuclide in the lung tissue of the liquidator of the consequences of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant]. *Pulmonology.* 1993;(4):27-32. Russian.
16. Chuchalin AG, Cherniaev AL, Voisin C. [Respiratory pathology in liquidators of the Chernobyl NPP accident]. Moscow: Grant; 1998. 272 p. Russian.
17. Kutkov VA, Gusev IA, Dementiev SI. Internal exposure of the staff involved in the cleanup after the accident at the Chernobyl nuclear power plant in 1986. *World Health Stat Q.* 1996;49(1):62-66.
18. Ilyin LA, Kryuchkov VP, Osanov DP, Pavlov DA. [Exposure levels of the participants in the liquidation of the consequences of the Chernobyl accident in 1986-1987. and verification of dosimetry data]. *Radiation biology. Radioecology.* 1995;35(6):803-828. Russian.
19. Budyka AK, Ogorodnikov BI, Skitovich VI. [Personal respiratory protection taking into account the dispersion of radioactive aerosols in the area of the Chernobyl nuclear power plant in 1986-1991]. *Hygiene and Sanitation.* 1993;(4):39-42. Russian.
20. Garger EK, Kashpur V, Paretzke HG, Tschiersch J. Measurement of resuspended aerosol in the Chernobyl area. Part II. Size distribution of radioactive particles. *Radiat Environ Biophys.* 1998; 36(4):275-283.
21. Sushko VO, Nechaev SYu, Shvayko LI, et al. [Bronchopulmonary system]. In: Serdiuk AM, Bebesheko VG, Bazyka DA, editors. *Medical consequences of the Chernobyl catastrophe: 1986-2011.* Ternopil: TSMU, Ukrmedknyha; 2011. Part 3.4. p. 460-506. Ukrainian.
22. Tereshchenko VP, Sushko VO, Segeda TP. [Structural basis of the clinical pathomorphosis of chronic obstructive pulmonary disease in the liquidators of the Chernobyl disaster]. In: Vozianov OV, Bebesheko VG, Bazyka DA, editors. *Medical consequences of the Chernobyl NPP accident.* Kyiv: DIA; 2007. p. 305-317. Ukrainian.
23. Cherniaev AL, Grobova OM, Nekliudova GV, Chuchalin AG, Ammosova SP, Pleshanov PG, et al. [Cytological characteristics, elemental composition of alveolar macrophages from bronchoalveolar lavage, lung pathology in liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl power plant]. *Arkh Patol.* 1998; 60(5):36-41. Russian.
24. Chuchalin AG, Liaskina OA, Pleshanov PG, Pleshanova EP, Sayers D, Zhou W, et al. [Concentration of heavy elements and their compounds in the cells from BALF and pulmonary tumors in radiation-exposed subjects]. *Ter. Arkh.* 1999;71(4):47-51. Russian.
25. Reva YP, et al. [Detection by scanning electron microscopy and X-ray microanalysis of localization in human lungs of «hot particles» formed as a result of the accident at the Chernobyl NPP]. *Pulmonology.* 1993;(4):56-59. Russian.
26. Sushko VA, Tyshko NA. [The alveolar macrophages functional state in patients with chronic bronchitis who exposed to low doses of ionizing radiation]. *Problems of Radiation Medicine.* Kiev: Ministry of Health of UkSSR; AI-RCRM AMS USSR; 1989;(2):293-295. Russian.

- ких у лиц, подвергшихся воздействию малых доз ионизирующего излучения. *Проблемы радиационной медицины*. 1991. Вып. 3. С. 11–14.
28. Чучалин А. Г. Аэрозольные радионуклидные пневмопатии. *Пульмонология*. 1993. № 4. С. 6–9.
29. Крячок И. В. Структурные изменения бронхов лиц, подвергшихся радиационному воздействию : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.15 / Крячок Игорь Володимирович; Київський мед. ін-т ім. О. О. Богомольця. Київ, 1992. 16 с.
30. Марачева А. В. Особенности диагностики и лечения заболеваний органов дыхания у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.43 / Марачева Анна Валериевна; МЗ и мед. пром-сти Рос. Федерации, НИИ пульмонологии Рос. Федерации. М., 1996. 25 с.
31. Селихова Л. Г. Особливості перебігу основних клінічних форм бронхолегеневої патології у осіб, які приймали участь в ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС, і корекція виявлених порушень : автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.27 / Л. Г. Селихова; Інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф.Г. Яновського АМН України. Київ, 1999. 58 с.
32. Селихова Л. Г., Кокосов А. Н., Редчиц И. В., Левадная Ю. В. Особенности развития и клинического течения основных форм бронхолегочной патологии у лиц, участвовавших в ликвидации аварии на Чернобыльской АЭС. *Пульмонология*. 1999. Т. 9, № 1. С. 32–35.
33. Аммосова С. П. Особенности клинического течения хронического бронхита у ликвидаторов аварии на ЧАЭС и эффективность длительного применения N-ацетилцистеина в их комплексном лечении : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.43 / Аммосова Светлана Петровна; НИИ пульмонологии МЗ Рос. Федерации. М., 1998. 27 с.
34. Швайко Л. І. Перебіг хронічного бронхіту у учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.27 / Швайко Людмила Іванівна; Ін-т фтизіатрії і пульмонології ім. Ф.Г. Яновського АМН України. Київ, 1999. 20 с.
35. Ткачишин В. С. Загальний патогенетичний аспект формування патологічних процесів внутрішніх органів та обумовлені ним клінічні особливості гіпертонічної хвороби і хронічного бронхіту у ліквідаторів наслідків аварії на Чорнобильській АЕС : автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 14.01.02 / В. С. Ткачишин; Нац. мед. ун-т ім. О.О. Богомольця. Київ, 2000. 33 с.
36. Ткачишин В. С., Суслов Є. І. Структурні зміни слизової оболонки бронхів ліквідаторів наслідків аварії на ЧАЕС виявлені спеціальною патогістологічною методикою дослідження. *Укр. пульмонол. журн*. 2000. № 3. С. 50–52.
37. Полякова В. О. Особливості регенерації поверхневого епітелію слизової оболонки бронхів у ліквідаторів наслідків аварії на Чорнобильській АЕС: ультраструктурна характеристика : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.03.09 / Полякова Вікторія Олексіївна; Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. Київ, 2001. 18 с.
27. Sushko VA, Dziublyk AY, Doskuch WV, Suslov EI. [Detection and course of chronic nonspecific lung diseases in persons exposed to low doses of ionizing radiation]. *Problems of Radiation Medicine*. 1991;(3):11-14. Russian.
28. Chuchalin AG. [Aerosol radionuclide pneumopathies]. *Pulmonology*. 1993;(4):6-9. Russian.
29. Kryachok IV. [Structural changes in the bronchus of persons exposed to radiation] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Kyiv: Kyiv Medical Institution named O.O. Bogomolets; 1992. 16 p. Russian.
30. Maracheva AV. [Features of diagnostics and treatment of respiratory diseases in liquidators of the Chernobyl NPP accident] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Moscow: Ministry of Health and medical industry Russian Federation; Research Institution of Pulmonology of Ministry of Health Russian Federation; 1996. 25 p. Russian.
31. Selikhova LG. [Peculiarities of the course of the main clinical forms of bronchopulmonary pathology in persons who took part in the liquidation of the Chernobyl NPP accident, and correction of the identified disorders] [author's Doc. Sci. dissertation (thesis) abstract]. Kyiv: Institution of Phthysiology and Pulmonology named F.G. Yanovsky of AMS of Ukraine; 1999. 58 p. Ukrainian.
32. Selikhova LG, Kokosov AN, Redchits IV, Levadnaya YuV. [Features of the development and clinical course of the main forms of bronchopulmonary pathology in persons who participated in the liquidation of the accident at the Chernobyl Nuclear Power Plant]. *Pulmonology*. 1999;9(1):32-35. Russian.
33. Ammosova SP. [Features of the clinical course of chronic bronchitis in liquidators of the Chernobyl accident and the effectiveness of long-term use of N-acetylcysteine in their complex treatment] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Moscow: Institution of Pulmonology of MH Russian Federation; 1998. 27c. Russian.
34. Shvayko LI. [The chronic bronchitis course in the participants in the liquidation of the consequences of The Chernobyl NPP accident] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Kyiv: Institution of Phthysiology and Pulmonology named F.G. Yanovsky of AMS of Ukraine; 1999. 20 p. Ukrainian.
35. Tkachyshyn VS. [General pathogenetic aspect of the formation of pathological processes of internal organs and the resulting clinical features of hypertension and chronic bronchitis in the liquidators of the Chernobyl accident] [author's Doc. Sci. dissertation (thesis) abstract]. Kyiv: National Medical University named O.O. Bogomolets; 2000. 33 p. Ukrainian.
36. Tkachyshyn VS, Suslov EI. [Structural changes of the bronchial mucosa of the liquidators of the Chernobyl accident were revealed by a special pathohistological method of research]. *Ukrainian pulmonology journal*. 2000;(3):50-52. Ukrainian.
37. Polyakova VO. [Features of regeneration of the superficial epithelium of the bronchial mucosa in liquidators of the Chernobyl accident: ultrastructural characteristics] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Kyiv: National University named Taras Shevchenko. Kyiv, 2001. 18 p. Ukrainian.

38. Чикина С. Ю. Клинико-морфологическая и генетическая характеристика бронхолегочной системы у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленные сроки : автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.00.43 / Чикина Светлана Юрьевна; НИИ пульмонологии МЗ Рос. Федерации. М., 2002. 23 с.
39. Сушко В. О. Патоморфоз хронічних обструктивних захворювань легень в учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС : автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 03.00.01 / Сушко Віктор Олександрович ; АМН України, Науковий центр радіаційної медицини. Київ, 2003. 366 арк.
40. Фещенко Ю. І., Сушко В. О., Рекалова О. М., Чернушенко К. Ф. Хронічні бронхолегеневі захворювання в осіб, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи (20 років досліджень). *Журнал АМН України*. 2006. Т. 12, № 1. С. 134–147.
41. Сегеда Т. П. Ультраструктурна характеристика патології мікроциркуляції в учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС : автореф. дис. ... д-ра біол. наук : 03.00.01 / Сегеда Тетяна Прокопівна; ДУ «Наук. центр радіац. медицини АМН України». Київ, 2011. 37 с.
42. Базика К. Д. Клініко-функціональні особливості хронічного обструктивного захворювання легень у учасників ліквідації аварії на ЧАЕС у віддаленому післяаварійному періоді : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.27 / Базика Костянтин Дмитрович ; ДУ «Національний інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф. Г. Яновського Національної академії медичних наук України». Київ, 2013. 23 с.
43. Швайко Л. І. Визначення впливу іонізуючого випромінювання аварійного походження на розвиток бронхолегеневої патології та розробка заходів щодо мінімізації її прогресування : автореф. дис. ... д-ра мед. наук : 03.00.01 / Швайко Людмила Іванівна ; ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України». Київ, 2013. 40 с.
44. Sushko V. A., Shvayko L. I. Effects of external irradiation and inhalation of radionuclides. In: Vozianov A., Bebesko V., Bazyka D, editor. *Health effects of Chernobyl accident* : monographs in 4 parts. Chapter 11. Respiratory system. Kyiv: DIA; 2003. p. 225–228.
45. Sushko V. A., Shvayko L. I. The clinical and functional characteristics of bronchopulmonary system. In: Vozianov A., Bebesko V., Bazyka D, editor. *Health effects of Chernobyl accident* : monographs in 4 parts. Chapter 11. Respiratory system. Kyiv: DIA; 2003. p. 229–230.
46. Базика, К. Д. Аналіз клініко-функціональних характеристик хронічного обструктивного захворювання легень та коморбідної патології в учасників ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС у віддалений післяаварійний період. *Укр. Мед. Часопис*. 2021. № 4 (144). С. 77-80. DOI: 10.32471/umj.1680-3051.144.213237.
47. Sushko V., Bazyka D., Shvayko L., et al. Bronchopulmonary pathology. In: *Health effects of the Chernobyl accident: a quarter of century aftermath* / ed. by A. Serdiuk, V. Bebesko, D. Bazyka, S. Yamashita. Kyiv: DIA; 2011. Chp. 15. p. 434–450.
48. Отраслевой медико-дозиметрический регистр работников атомной промышленности России. Состояние и перспективы / Л. А. Ильин,
38. Chikina SYu. [Clinical and morphological and genetic characteristics of the bronchopulmonary system in liquidators of the consequences of the Chernobyl accident in the long term] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Moscow: Institution of Pulmonology of MH Russian Federation; 2002. 23 p. Russian.
39. Sushko VO. [Pathomorphosis of chronic obstructive pulmonary diseases in clean-up workers of Chernobyl nuclear power plant accident] [Author's Doc. Sci. diss. (thesis) abstract] Kyiv: Research Center for Radiation Medicine of the AMS of Ukraine; 2003. 38 p. Ukrainian.
40. Feshchenko YI, Sushko VO, Rekalova OM, Chernushenko KF. [Chronic bronchopulmonary diseases in persons affected by the Chernobyl disaster (20 years of research)]. *Journal of AMS of Ukraine*. 2006;12(1):134-147. Ukrainian.
41. Segeda TP. [Ultrastructural characteristics of microcirculation pathology in participants of liquidation of consequences of Chernobyl NPP accident] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Kyiv: NAMS of Ukraine, National Research Center for Radiation Medicine; 2011. 37 p. Ukrainian.
42. Bazyka KD. [Clinical and functional features of chronic obstructive pulmonary disease in participants in the elimination of ChNPP in the remote post-accident period] [author's PhD dissertation (thesis) abstract]. Kyiv: National Institution of Phthysiology and Pulmonology named F.G. Yanovsky of National AMS of Ukraine; 2013. 23 p. Ukrainian.
43. Shvayko LI. [Estimation of emergency originating ionizing radiation influence on development of bronchopulmonary pathology and development of measures for its progressing minimization] [author's Doc. Sci. dissertation (thesis) abstract]. Kyiv: National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine; 2013. 40 p. Ukrainian.
44. Sushko VA, Shvayko LI. Effects of external irradiation and inhalation of radionuclides. In: Vozianov A., Bebesko V., Bazyka D, editors. *Health effects of Chernobyl accident* : monographs in 4 parts. Chapter 11. Respiratory system. Kyiv: DIA; 2003. p. 225-228.
45. Sushko VA, Shvayko LI. The clinical and functional characteristics of bronchopulmonary system. In: Vozianov A., Bebesko V., Bazyka D, editors. *Health effects of Chernobyl accident* : monographs in 4 parts. Chapter 11. Respiratory system. Kyiv: DIA; 2003. p. 229-230.
46. Bazyka KD. Analysis of clinical and functional characteristics of COPD and comorbid pathology in clean-up workers of Chernobyl NPP accident in a remote post-accident period. *Ukrainian Medical Journal*. 2021;(4):77-80. DOI: 10.32471/umj.1680-3051.144.213237
47. Sushko V, Bazyka D, Shvayko L, et al. Bronchopulmonary pathology. In: Serdiuk A, Bebesko V, Bazyka D, Yamashita S, editors. *Health effects of the Chernobyl accident: a quarter of century aftermath*. Kyiv: DIA; 2011. Chp. 15. p. 434-450.

- М. Ф. Киселев, А. П. Панфилов и др. *Гигиена и санитария*. 2000. № 4. С. 16–22.
49. Медицинские радиологические последствия Чернобыля: прогноз и фактические данные спустя 30 лет / под ред. В. К. Иванов, А. Д. Каприн. М. : ГЕОС, 2015. 449 с.
50. Ivanov VK, Kashcheev W, Maksoutov MA, Tumanov KA, Chekin SY, Kashcheeva PV, et al. Clinical and dosimetric information to support long-term cohort study of Chernobyl clean-up workers in Russia. *Radiat Prot Dosimetry*. 2018;182(1):163-169. doi: 10.1093/rpd/ncy133.
51. Післяаварійні зміни стану здоров'я учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС 1986-1987 рр. (період спостереження 1988–2012 рр.) / В. О. Бузунов, Ю. С. Войчулене, Т. Є. Домашевська та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2015. Вип. 20. С. 157–173.
52. Shvayko L. I., Sushko V. A. Endoscopic monitoring of bronchopulmonary system in liquidators of Chernobyl catastrophe, suffering from chronic obstructive pulmonary disease. *Eur. Resp. J*. 2001. Vol. 18, Suppl. 33. P 391s. P2671. (Abstr. of the 11th ERS Ann. Congress).
53. Shvayko L. I., Sushko V. A. Comparison of COPD currency in smokers and non-smokers clean-up workers of Chernobyl NPP accident. *Eur. Resp. J*. 2004. Vol. 24, Suppl. 48. 494s. P3093. (Abstr. of the 14th ERS Ann. Congress).
54. Radiation-induced pathomorphosis of COPD in liquidators of Chernobyl catastrophe / V. A. Sushko, V. P. Tereshchenko, L. I. Shvayko et al. *Eur. Resp. J*. 2004. Vol. 24, Suppl. 48. 62s. P503. (Abstr. of the 14th ERS Ann. Congress).
55. Sushko V. A., Tereshchenko V. P., Segeda T. P. Relationship of endoscopic and morphologic findings in COPD-patients – clean-up workers of the Chernobyl NPP accident (long-term study). *Eur. Resp. J*. 2005. Vol. 26, Suppl. 49. 678s. P4298. (Abstr. of the 15th ERS Ann. Congress).
56. Sushko V. A., Shvayko L. I. Lung function changes in COPD patients clean-up workers of Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) Accident (1986). *Eur. Resp. J*. 2006. Vol. 28, Suppl. 50. P464.1. (Abstr. of the 16th ERS Ann. Congress).
57. Красникова Л. И., Бузунов В. А. Риски неопухолевой патологии у участников ликвидации последствий Чернобыльской аварии по данным углубленного клинико-эпидемиологического мониторинга. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2007. Вип. 13. С. 199–207.
58. Клінічна характеристика хронічних обструктивних захворювань легень у учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС / В. О. Сушко, Л. І. Швайко, А. С. Ряжська та ін. *Медичні наслідки аварії на Чорнобильській атомній електростанції* / за ред. О. В. Возіанова, В. Г. Бебешка, Д. А. Базики. Київ : ДІА, 2007. С. 292–301.
59. Роль цитомегаловирусной инфекции в патогенезе хронических заболеваний бронхолегочной системы у участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / А. А. Чумак, В. А. Сушко, Н. В. Беляева та ін. *Укр. пульмонол. журн*. 2004. № 1. С. 44–47.
48. Ilyin IA, Kiselev MF, Panfilov AP, et al. Industry medical and dosimetric register of Russian nuclear industry workers. Status and prospects. *Hygiene and sanitation*. 2000;(4):16-22. Russian.
49. Ivanov VK, Kaprin AD, editors. [Medical radiological consequences of Chernobyl: prognosis and facts after 30 years]. Moscow: GEOS; 2015. 449 p. Russian.
50. Ivanov VK, Kashcheev W, Maksoutov MA, Tumanov KA, Chekin SY, Kashcheeva PV, et al. Clinical and dosimetric information to support long-term cohort study of Chernobyl clean-up workers in Russia. *Radiat Prot Dosimetry*. 2018;182(1):163-169. doi: 10.1093/rpd/ncy133.
51. Buzunov VO, Voychulene YS, Domashevskaya TE, Khabarova TP, Kartushin GI. Post-accident health changes of the participants in the liquidation of the consequences of the Chernobyl NPP accident 1986-1987 (observation period 1988-2012). *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2015. Iss., 20. P. 157-173.
52. Shvayko LI, Sushko VA. Endoscopic monitoring of bronchopulmonary system in liquidators of Chernobyl catastrophe, suffering from chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Resp J*. 2001;18 Suppl 33:391s. P2671. (Abstr. of the 11th ERS Ann. Congress).
53. Shvayko LI, Sushko VA. Comparison of COPD currency in smokers and non-smokers clean-up workers of Chernobyl NPP accident. *Eur Resp J*. 2004;24 Suppl 48:494s. P3093. (Abstr. of the 14th ERS Ann. Congress).
54. Sushko VA, Tereshchenko VP, Shvayko LI, et al. Radiation-induced pathomorphosis of COPD in liquidators of Chernobyl catastrophe. *Eur Resp J*. 2004;24 Suppl 48:62s. P503. (Abstr. of the 14th ERS Ann. Congress).
55. Sushko VA, Tereshchenko VP, Segeda TP. Relationship of endoscopic and morphologic findings in COPD-patients – clean-up workers of the Chernobyl NPP accident (long-term study). *Eur Resp J*. 2005;26 Suppl 49:678s. P4298. (Abstr. of the 15th ERS Ann. Congress).
56. Sushko VA, Shvayko LI. Lung function changes in COPD patients clean-up workers of Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) Accident (1986). *Eur Resp J*. 2006;28 Suppl 50:P464.1. (Abstr. of the 16th ERS Ann. Congress).
57. Krasnikova LI, Buzunov VA. [Risks of non-neoplastic pathology in participants in the aftermath of the Chernobyl accident according to in-depth clinical and epidemiological monitoring]. *Probl Radiac Med Radiobiol*. 2007;13:199-207. Ukrainian.
58. Sushko VO, Svayko LI, Ryzhskaya AS, et al. [Clinical characteristics of chronic obstructive pulmonary disease in participants in the liquidation of the Chernobyl accident]. In: Vozianov OV, Bebeshko VG, Bazyka DA, editors. *Medical consequences of the Chernobyl NPP accident*. Kyiv: DIA; 2007. p. 292-301. Ukrainian.
59. Chumak AA, Sushko VA, Belyaeva NV, et al. [The role of cytomegalovirus infection in the pathogenesis of chronic obstructive pulmonary disease in liquidators of Chernobyl NPP accident]. *Ukrainian pulmonology journal*. 2004;(1):44-47. Russian.

60. Бази́ка К. Д. Результаты дослідження функціональних легеневи́х тестів в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у віддалений післяаварійний період. *Укр. мед. часопис*. 2018. Т. 2, № 6. С. 35–37.
61. Якушин, С. С., Свирина В. И. Выявление вентиляционных нарушений у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС. *Пульмонология*. 1997. № 2. С. 55–57.
62. Диффузионная способность легких и газообмен у лиц, подвергшихся радиационному воздействию после аварии на ЧАЭС / А. Г. Чучалин, З. Р. Айсанов, Е. И. Калманова и др. *Пульмонология*. 1993. Т. 3, № 4. С. 61–66.
63. Нарушение респираторной функции и гемодинамики у ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС / А. Г. Чучалин, З. Р. Айсанов, Е. Н. Калманова и др. *Патология органов дыхания у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС*. М. : Грантъ, 1998. С. 177–189.
64. Легочная гипертензия у ликвидаторов Чернобыльской аварии / С. Ю. Чикина, Г. В. Неклюдова, И. Д. Копылев и др. *Пульмонология*. 2003. №6. С. 37–41.
65. Apostolova O., Sushko V., Tatarenko O. Frequency of pulmonary hypertension in patients with COPD – clean-up workers of Chernobyl catastrophe. *Eur. Resp. J.* 2013. Vol. 24, suppl. 48. P. 211s.
66. Sushko V. A. Efficiency of endobronchial washing lavages in treatment of chronic purulent-obstructive bronchitis in liquidators of Chernobyl catastrophe. *Eur. Resp. J.* 2004. Vol. 24, Suppl. 48. 522s (P3253). (Abstr. of the 14th ERS Annual Congress).
67. Сушко В. О., Терещенко В. П., Козлова Т. Г., Бубело Г. О. Хронічні обструктивні захворювання легень в учасників ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи: зіставні результати ендоскопічних і морфологічних досліджень. *Збірн. наук. праць співр. КМАПО ім. П.Л.Шупика*. Київ, 2004. Вип. 13, Кн. 2. С. 260–264.
68. Патологические процессы в слизистой оболочке бронхов при радиационном воздействии: морфогенетические аспекты / В. П. Терещенко, Т. П. Сегеда, В. А. Сушко и др. *Очерки экологической патологии* / под ред. В. П. Терещенко. Київ : МВЦ Медінформ, 2006. С. 285–296.
69. Чернобыльская катастрофа: Патологическая анатомия и патоморфоз некоторых заболеваний / В. П. Терещенко, Л. В. Дегтярева, Т. П. Середя та ін. ; под ред. В. П. Терещенко, Л. В. Дегтяревой. Киев : МВЦ Медінформ, 2006. 172 с.
70. Retrospective clinico-morphological and dosymetry characterisation of lung cancer patients – clean-up workers of Chernobyl NPP accident in remote postaccidental period / V. Sushko, S. Ustinov, S. Klymenko et al. *Eur. Resp. J.* 2017. Vol. 50, Suppl. 61. P. 3901. (Abstracts of ERS International Congress 2017: 9–13 September 2017; Milan, Italy).
71. Стан мікрофлори бронхолегеневої системи в учасників ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС, хворих на хронічні обструктивні захворювання легень / В. О. Сушко, Л. І. Швайко, О. М. Головня та ін. *Проблеми радіаційної медицини*. 2001. Вип. 8. С. 70–77.
72. Инвазия микроорганизмов в слизистую оболочку бронхов ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС / В. А. По-
60. Bazyka KD. [Results of the lung function tests study in the liquidators of the Chernobyl accident in a remote post-emergency period]. *Ukrainian Medical Journal*. 2018;2(6):35-37. Ukrainian.
61. Yakushin SS, Svirina VI. [Detection of ventilation violations in the liquidators of the Chernobyl NPP accident]. *Pulmonology*. 1997;(2):55-57. Russian.
62. Chuchalin AG, Aisanov ZR, Kalmanova EI, et al. [Diffusion capacity of the lungs and gas exchange in persons exposed to radiation after the Chernobyl accident]. *Pulmonology*. 1993;3(4):61-66. Russian.
63. Chuchalin AG, Aisanov ZR, Kalmanova EI, et al. [Respiratory dysfunction and hemodynamics in liquidators of the consequences of the Chernobyl accident]. In: Chuchalin AG, Cherniaev AL, Voisin C, editors. *Respiratory pathology in liquidators of the Chernobyl NPP accident*. Moscow: Grant; 1998. p. 177-189. Russian.
64. Chikina SYu, Neklyudova GV, Kopylev ID, et al. [Pulmonary hypertension in Chernobyl liquidators]. *Pulmonology*. 2003;(6):37-41. Russian.
65. Apostolova O, Sushko V, Tatarenko O. Frequency of pulmonary hypertension in patients with COPD – clean-up workers of Chernobyl catastrophe. *Eur Resp J.* 2013;24 suppl 48);211s.
66. Sushko VA. Efficiency of endobronchial washing lavages in treatment of chronic purulent-obstructive bronchitis in liquidators of Chernobyl catastrophe. *Eur Resp J.* 2004;24 Suppl 48);522s (P3253). (Abstr. of the 14th ERS Annual Congress).
67. Sushko VO, Tereshchenko VP, Kozlova TG, Bubelo Go. [Chronic obstructive pulmonary disease in clean-up workers of the Chernobyl disaster: comparative results of endoscopic and morphological studies]. *Collection of scientific works of the staff of the Kyiv Medical Academy of Postgraduate Education named after PL Shupyk*. Kyiv; 2004. Iss. 13, book 2. p. 260-264. Ukrainian.
68. Tereshchenko VP, Segeda TP, Sushko VP, et al. [Pathological processes in the bronchial mucosa under radiation exposure: morphogenetic aspects]. In: Tereshchenko VP, editor. / *Essays on Environmental Pathology*. Kyiv: Medinform; 2006. p. 285-296. Russian.
69. Tereshchenko VP, Degtiarova LV, Segeda TP, et al. ; Tereshchenko VP, Degtiarova LV, editors. [The Chernobyl catastrophe: Pathological anatomy and pathomorphosis of certain diseases]. Kyiv: Medinform; 2006. 172 p. Russian.
70. Sushko V, Ustinov S, Klymenko S, et al. Retrospective clinico-morphological and dosymetry characterisation of lung cancer patients – clean-up workers of Chernobyl NPP accident in remote postaccidental period. *Eur Resp J.* 2017;50 Suppl 61);3901. (Abstracts of ERS International Congress 2017: 9-13 September 2017; Milan, Italy).
71. Sushko VO, Shvaiko LI, Holovnia OM, et al. [The state of the microflora of the bronchopulmonary system in the clean-up workers of the Chernobyl accident, patients with chronic

- лякова, В. А. Сушко, В. П. Терещенко та ін. *Мікробіол. журнал*. 2001. Т. 63, № 1. С.41–50.
73. Изменения иммунитета у ликвидаторов аварии на ЧАЭС, страдающих хроническими неспецифическими заболеваниями легких / Д. А. Базыка, В. О. Сушко, М. В. Азарковская та ін. *Медицинские последствия аварии на Чернобыльской атомной станции. Кн. 2. Клинические аспекты Чернобыльской катастрофы* / под ред. В. Г. Бебешко, А. Н. Коваленко. Киев : МЕДЭКОЛ МНИЦ БИО-ЭКОС, 1999. С. 270–272.
74. Зміни імунітету у учасників ліквідації аварії на Чорнобильській АЕС, що страждають на ХОЗЛ, у віддалений післяаварійний період / В. О. Сушко, Д. А. Базика, М. В. Азарковська та ін. *Проблеми радіаційної медицини*. 2000. Вип. 7. С. 76–81.
75. Сравнительный анализ лимфоцитов периферического пула, бронхоальвеолярного лаважа и тканевых инфильтратов у больных ХОЗЛ после воздействия ионизирующего излучения / Д. А. Базыка, Н. В. Беляева, В. А. Сушко и др. *Пульмонология*. 2002. Приложение (Сб. резюме 12-го Национального конгресса по болезням органов дыхания). С. 371. LIV.5.
76. Bazyka D. A., Sushko V. A., Kozachuk L. I. Flow cytometric analysis of bronchoalveolar lavage leukocytes in COPD-patients after radiation exposure. *Eur. Respir. J.* 2001. Vol. 18, Suppl. 33. P. 316s-317s. (P2119). (Abstr. of the 11th ERS Ann. Congress).
77. Immune function in chronic obstructive pulmonary disease / D. A. Bazyka et al. *Health effects of Chernobyl accident* : monographs in 4 parts / ed. by A. Vozianov, V. Bebeshko, D. Bazyka. Kyiv : DIA, 2003. P. 230–231.
78. Bazyka D. A., Sushko V. A., Byelyaeva N. V., Lobortas L. I. Effects of smoking on circulating and airway T-lymphocytes antigen expression in patients with COPD after radiation exposure. *Eur. Respir. J.* 2003. Vol. 20, Suppl. 45. P. 437s. (P2794). (Abstr. of the 13th ERS Ann. Congress).
79. Sushko V., Bazyka K. Interdependence between lung tests, cellular immunity and dose of radiation exposure in COPD patients clean-up workers of Chernobyl NPP accident in remote post accidental period. *Eur. Resp. J.* 2015. Vol. 46, suppl. 59. P. 1181s.
80. Результати тридцятирічного дослідження стану бронхолегеневої системи в учасників ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи / В. О. Сушко, Л. І. Швайко, К. Д. Базика та ін. *Журнал НАМН України*. 2016. № 2. С. 193–197.
81. Bazyka K. Lung function and telomere shortening in blood leukocytes in clean-up workers of Chernobyl NPP suffered of COPD [www]. *Eur. Resp. J.* 2017. Vol. 50, suppl. 61. PA. 4471. URL: http://erj.ersjournals.com/content/50/suppl_61/PA4471.
82. Функціональний стан бронхолегеневої системи та відносна довжина теломер в учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС у віддаленому післяаварійному періоді (клінічне дослідження) / Л. І. Швайко, К. Д. Базика, В.О. Сушко та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2019. Вип. 24. С. 503–515. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-503-515.
- obstructive pulmonary disease]. *Problemy Radiatsiinoi Medytsyny*. 2001;8:70-77. Ukrainian.
72. Poliakova VA, Sushko VA, Tereshchenko VP, et al. [Invasion of microorganisms into the mucous membrane of the bronchi of liquidators of the consequences of the accident at the Chornobyl Nuclear Power Plant]. *Microbiological Journal*. 2001;63(1):41-50. Russian.
73. Bazyka DA, Sushko BO, Azarkovskova MV, et al. [Changes in immunity in liquidators of the Chernobyl accident suffering from chronic nonspecific lung diseases]. In: Bebeshko VG, Kovalenko AN, eds. *Medical consequences of The Chernobyl NPP accident. Book. 2. Clinical aspects of the Chernobyl catastrophe*. Kiev: MEDECOL MNITS BIO-ECOS; 1999. p. 270-272.
74. Sushko VO, Bazyka DA, Azarkovskova MV, et al. [Changes in the immunity of participants in the liquidation of the Chernobyl accident suffering from COPD in the remote post-accident period]. *Problemy Radiatsiinoi Medytsyny*. 2000;7:76-81. Ukrainian.
75. Bazyka DA, Belyaeva NV, Sushko VO, et al. [Comparative analysis of peripheral lymphocytes, bronchoalveolar lavage and tissue infiltrates in patients with COPD after ionizing radiation exposure]. *Pulmonology*. 2002; Appendix (Summary collection of the 12th National Congress of Respiratory Diseases):371. LIV.5.
76. Bazyka DA, Sushko VA, Kozachuk LI. Flow cytometric analysis of bronchoalveolar lavage leukocytes in COPD-patients after radiation exposure. *Eur Respir J.* 2001;18 Suppl 33):316s-317s. (P2119). (Abstr. of the 11th ERS Ann. Congress).
77. Bazyka DA, et al. Immune function in chronic obstructive pulmonary disease. In: Vozianov A, Bebeshko V, Bazyka D, editors. *Health effects of Chernobyl accident*. Monographs in 4 parts. Kyiv: DIA; 2003. p. 230-231.
78. Bazyka DA, Sushko VA, Byelyaeva NV, Lobortas LI. Effects of smoking on circulating and airway T-lymphocytes antigen expression in patients with COPD after radiation exposure. *Eur Respir J.* 2003;20 Suppl 45):437s. (P2794). (Abstr. of the 13th ERS Ann. Congress).
79. Sushko V, Bazyka K. Interdependence between lung tests, cellular immunity and dose of radiation exposure in COPD patients clean-up workers of Chernobyl NPP accident in remote post accidental period. *Eur Resp J.* 2015;46 suppl 59):1181s.
80. Sushko VO, Shvaiko LI, Bazyka KD, Riazhska AS, Stadniichuk OM, Apostolova OV. [The results of a thirty-year study of the state of the bronchopulmonary system in clean-up workers of the Chornobyl catastrophe]. *Journal of the NAMS of Ukraine*. 2016;22(2):193-197. Ukrainian.
81. Bazyka K. Lung function and telomere shortening in blood leukocytes in clean-up workers of Chernobyl NPP suffered of COPD [www]. *Eur Resp J.* 2017;50 suppl 61):PA4471. URL: http://erj.ersjournals.com/content/50/suppl_61/PA4471.
82. Shvaiko LI, Bazyka KD, Sushko VO, Iliencko IM, Bazyka DA. Lung function and telomere relative length in clean-up workers of Chernobyl NPP accident in a remote post-accident period. *Probl Radiac Med Radiobiol.* 2019;24:503-515. doi: 10.33145/2304-8336-2019-24-503-515.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Сушко Віктор Олександрович, доктор медичних наук, професор, член-кореспондент НАМН України, перший заступник генерального директора ННЦРМ з наукової роботи, керівник відділу медичної експертизи та лікування наслідків впливу радіаційного опромінення, Інститут клінічної радіології, ННЦРМ, м. Київ, ORCID: 0000-0001-6893-8642

Швайко Людмила Іванівна, доктор медичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділення пульмонології відділу терапії радіаційних наслідків, Інститут клінічної радіології, ННЦРМ, м. Київ, ORCID: 0000-0001-7751-3849

Базика Костянтин Дмитрович, кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник, відділення пульмонології відділу терапії радіаційних наслідків, Інститут клінічної радіології, ННЦРМ, м. Київ, ORCID: 0000-0001-7589-3921

Апостолова Олена Валентинівна, завідувача відділенням ультразвукової діагностики, Комунальне некомерційне підприємство «Олександрівська клінічна лікарня м.Києва»

Колосинська Олена Олександрівна, кандидат медичних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу медичної експертизи та лікування наслідків впливу радіаційного опромінення, Інститут клінічної радіології, ННЦРМ, м. Київ, ORCID: 0000-0002-2018-3380

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Viktor O. Sushko, MD, Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAMS of Ukraine, First deputy General Director of NRCRM for Research Work, Chief of Division for Medical Expertise and Treatment of Ionizing Irradiation Consequences, Institute for Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID: 0000-0001-6893-8642

Liudmyla I. Shvayko, MD, Doctor of Medical Sciences, Senior Research Associate, Chief of the Department of Pulmonology of Radiation Consequences Treatment Division, Institute for Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID: 0000-0001-7751-3849

Kostiantyn D. Bazyka, MD, PhD, Leading Researcher of the Department of Pulmonology of Radiation Consequences Treatment Division, Institute for Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID: 0000-0001-7589-3921

Olena V. Apostolova, MD, Head of Ultrasound Diagnostics Department, Municipal non-profit enterprise «Oleksandrivska Clinical Hospital of Kyiv»

Olena O. Kolosynska, MD, PhD, Leading Researcher of Division for Medical Expertise and Treatment of Ionizing Irradiation Consequences, Institute for Clinical Radiology, NRCRM, Kyiv, Ukraine, ORCID: 0000-0002-2018-3380

Стаття надійшла до редакції 03.08.2021

Received: 03.08.2021